ISSN 0022-4847

台灣農業研究

第五十八卷　　第二期

研究報告

'春蜜'桃果實寒害導致果肉粉質劣變的控管
歐錫坤、劉明穗、王昭月、宋家瑋、陸明德 73

利用硼砂餌劑防治入侵紅火蟻 (*Solenopsis invicta* Buren) (膜翅目：蟻科) 之效果評估
邱一中、王清玲 84

水稻抗白葉枯病基因表現蛋白質之多白胺酸重複 (LRR) 的分布及胺基酸組成
林奕承、呂椿棠、魏夢麗、呂秀英 93

酵母菌株和蒸餾處理對米酒粕營養組成之影響
蔡淑珍、吳宗諺 106

紅葉紫蘇植株生長及葉片紫蘇醛之季節變化
李裕娟、楊純明 114

黑糯玉米農藝性狀之組合力分析
謝光照 125

三種植物油對二點葉蟎之致死效果
余志儒、陳炳輝 136

研究簡報

夜間路邊照明對大豆生長與產量之影響
陳琦玲、蘇雲翰、劉嘉仁、李艷琪 146

中華民國九十八年六月

行政院農業委員會農業試驗所出版

中華民國　台灣　台中縣　霧峰鄉

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 58(2):73–83 (2009)

‘春蜜’桃果實寒害導致果肉粉質劣變的控管 [1]

歐錫坤[2] 劉明槵[2] 王昭月[3] 宋家瑋[2] 陸明德[2,4]

摘　要

歐錫坤、劉明槵、王昭月、宋家瑋、陸明德。2009。‘春蜜’桃果實寒害導致果肉粉質劣變的控管。台灣農業研究 58:73–83。

為減緩平地水蜜桃 [*Prunus persica* (L.) Batsch] 在盛產期供過於求的壓力，如何應用冷藏技術延長採收後期的果實供應期限，以提升果實經濟效益，對桃農而言非常有需要。本試驗目的主要利用採收後處理技術包括冷藏、冷藏配合間歇增溫 (intermittent warming, IW)、1-MCP (1-methylcyclopropene; 乙烯作用的抑制劑)、外在乙烯的供應或以 ethephon 浸漬等處理，以期延長平地水蜜桃的貯藏壽命，並減低貯藏期間低溫所造成的果實生理異常。‘春蜜’桃果實在 0℃ 下貯藏 4 星期尚可維持良好品質，冷藏後再經室溫櫥架 3 天粉質劣變指數 (woolly breakdown index, WBI) 為 8.4；但冷藏 3 星期配合間歇增溫處理 (置於 20℃ 下維持 24 小時)，再冷藏 1 星期者可將 WBI 控制在 0.8，抑制粉質劣變效果最佳。0℃ 冷藏處理或配合間歇增溫處理後，果實再櫥架於室溫下，調查寒害與乙烯生成，各處理間 2–3 天內產生乙烯生成高峰，並呈現乙烯生成高峰愈高者，粉質劣變指數也有愈高之現象存在。在冷藏期間不論是供給不同濃度的乙烯或 1-MCP，皆無理想的結果可供推薦應用，因為這些處理會加劇果實粉質劣變與果實變軟之傾向。

關鍵詞：貯藏壽命、寒害、粉質劣變、間歇增溫。

前　言

台灣平地低需冷性桃屬於易壞性的溫帶水果，如‘春蜜’與‘台農甜蜜’桃在 0–1℃ 冷藏壽命約 10–25 天，果實採收後在室溫環境下它們會快速完熟與老化。在盛產期桃價格低，採收後期價格高，冷藏可調節果實供應量並延長供果時期，具有潛在的經濟效益。但貯藏壽命經常受到寒害的限制，桃果實儲藏之寒害即通常所描述的果肉粉質酥鬆性 (mealiness)、綿毛狀 (woolliness) 或心腐病 (internal breakdown) (Lill 1985)。其主要徵狀包括果肉質地失水變乾、變酥鬆、變紅色或褐色、品質下降，失去後熟能力。

影響桃採後生理的因素非常多，栽培因素如植物營養、樹體管理、植物生長調節劑的應

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2352 號。接受日期：98 年 3 月 17 日。
2. 本所作物組研究員兼組長、計畫助理、助理研究員、助理研究員。
3. 本所生物技術組助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
4. 通訊作者，電子郵件：mingtelu@tari.gov.tw；傳真機：(04)23399544。

用，以及品種間的差異等；採收成熟度與採後果實處理之因素如防腐、防蟲、採後之後熟與預冷等。果實貯藏情形：如溫度、氣調、間歇增溫 (intermittent warming, IW)、氣調聯合間歇增溫 (Girard *et al.* 2005)、穿孔膠膜 (perforated polypropylene, 厚 42.5 μm，直徑 2 mm 的面積內穿 33 個孔洞) 配合間歇增溫 (Fernandez-Trujill & Artes 1998)、低壓貯藏、延緩貯藏的溼度、貯藏條件等；貯藏期間乙烯的效果與成熟果實的生理變化則有呼吸作用的活力，以及低溫對細胞膜的滲透性及果實的組成份等 (Lill *et al.* 1989)。

本研究目的在補強台灣平地水蜜桃從果園採收至市場間低溫貯藏生理異常的技術鏈缺口，針對平地水蜜桃生產主要栽培種‘春蜜’桃，在果實冷藏期間果肉失水酥鬆的徵狀深入調查，並應用間歇增溫與冷藏期間外加乙烯等實用對策進行探討，以減緩平地桃果實在冷藏期間發生粉質劣變的損失，並延長桃的冷藏壽命，確保果農收益與產業競爭力。

材料與方法

間歇增溫對果實粉質劣變的影響

於新社地區商業化果園在‘春蜜’桃成熟時期採收果實為供試材料。果實採收標準為底色綠黃色，硬度約 7–8 kg/cm^2，可溶性固形物約 10°Brix 上下。

處理方法：處理 A：為對照組，果實採收後即刻進行果品分析；處理 B：果實在 0℃下冷藏 2 星期；處理 C：果實在 0℃下冷藏 3 星期；處理 D：果實在 0℃下冷藏 4 星期；處理 E：果實在 0℃冷藏 2 星期後，置於 20℃下 24 小時，再冷藏 1 星期；處理 F：果實在 0℃冷藏 2 星期後，置於 20℃下 24 小時，再冷藏 2 星期。每處理 4 重複，每重複 10 個果實。經冷藏處理的果實於取出後，於室溫 (25℃ ± 2℃) 下測定乙烯生成情形；出庫後於室溫下櫥架 3 天，調查果實失重率與品質分析，並在第 3 天調查果實寒害情形，果實生理變化並進行生統分析。

寒害調查項目：配合前述 5 項處理進行寒害調查。每一處理 10 個果實，重複 4 次。果肉綿毛狀的分級與計算如下：粉質劣變指數 = (2LD + 3MD + 4SD)/10 (Ben-Arie *et al.* 1970)。分級方式為：LD = 輕度傷害的果實百分率，果實粉質劣變面積達 1–25%；MD = 中度傷害的果實百分率，果實粉質劣變面積達 26–50%；SD = 高度傷害的果實百分率，果實粉質劣變面積達 50%以上。

測定果肉硬度、可溶性固形物、酸度、顏色與失水量：將前述 5 項處理於調查寒害分級前測量硬度，依果實實際硬度的高低，選取物性測定儀的鑽頭 (Rheometer，日本 Fudoh 公司生產，NRM-2020J-CW 型)。每一個果實表面的赤道部分切除直徑 1–2 cm 的果皮，再以物性測定儀測定之，在果實測定點的正對面，選定第二點，再測讀數取其平均值為硬度。硬度測定完後，再進行寒害調查，並以數字型糖度計 (Atago Refractometer PR-101，日本製) 測定可溶性固形物、以氫氧化鈉進行酸度滴定，換算成蘋果酸含量作為酸度，以目視評估判別果肉質地的軟硬及果肉顏色等。果實冷藏前後分別秤重，以計算失水量。

粉質劣變桃的果汁含量測定：將前述 5 項處理於調查寒害分級後，將供試材料進行酥鬆性果實的果汁含量測定。依 Lill & Mespel (1988) 所設定的測量方法為：果實去皮後，取 1.5 g 均質 (放入針筒內)，收集置入微量離心管稱重、離心 (12,000 rpm) 5 分鐘，上層澄清液的重量以佔樣品重量之百分比表示，此值稱做外觀上的果汁含量。配合各試驗處理，每處理重複測定 4 次。

乙烯生成之測定：將果實秤重後逐果放於 450 mL 密封罐內，在 25℃下密封 2 小時後，取 1 mL 罐內氣體測定乙烯濃度，每隔 1

日測定一次。每處理重複測 5 個果實，取其平均值。乙烯濃度之測定，以氣相層析儀 (Shimadsu, Model GC 8AIF，日本製) 分析，以 FID (flame ionization detector) 為檢測器，溫度為 150℃，管柱溫度為 80℃，管內填充物為 Porapak Q (80–100 mesh)，乙烯產生率以μL/g-h 表示。

乙烯在完熟與冷藏期間的角色

處理方法：處理 G：採後立即 0℃冷藏 (對照)；處理 H：於冷藏前在 25℃條件下，以 0.5 ppm 1-MCP 放在培養箱燻蒸 12 小時；處理 I：在 25℃室溫密閉系統中，注入 15 ppm 乙烯密封 24 小時；處理 J：在冷藏前以 ethephon 溶液 50 ppm 浸漬 1 分鐘，晾乾；處理 K：在冷藏前以 ethephon 溶液 100 ppm 浸漬 1 分鐘，晾乾。

所有處理果實在 0℃的溫度下冷藏 30 天，然後再置於 25℃的室溫下 3 天模仿櫥架狀態，以供調查果實變紅或粉質酥鬆果肉的發生率，然後再測定每一處理的果汁含量。每處理取樣 10 個果實，重複 4 次。在試驗期間偵測後熟果實乙烯生長量。每果一瓶，置 2 小時，每處理測 5 個果實。

結　果

冷藏、間歇增溫對果實硬度、失重率、果汁率與果實粉質劣變的影響

‘春蜜’桃果實經 0℃冷藏 0、2、3 或 4 星期 (處理 A–D)，冷藏後果實硬度由 7.8 kg/cm^2 降至 5.4 kg/cm^2 (圖 1)，至於 0℃冷藏 2 星期後間歇增溫至 20℃維持 24 小時，再繼續冷藏 1、2 星期 (處理 E 及 F)，於冷藏後其果實硬度為 4.7 kg/cm^2 與 5.0 kg/cm^2，皆較未間歇增溫處理者為低。果實硬度在冷藏後櫥架於 25℃ 3 天，硬度驟降至 0.4–0.9 kg/cm^2，以處理 F 為最低 (圖 1)。

果實失重率的變化，0℃冷藏 2、3、4 星期後失重率僅 0.8–0.9 之間；貯後室溫下 3 天失重率達 5.6–6.0 之間，各處理間差異並不明顯。但間歇增溫的處理 E 與 F，冷藏 3、4 星期後失重

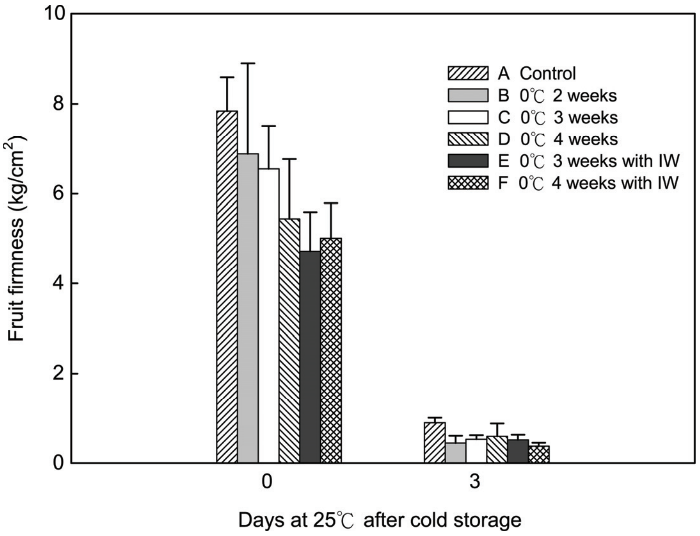


圖 1. 低溫貯藏時間、間歇增溫處理及貯後櫥架於室溫下 3 天對‘春蜜’桃硬度的影響。

Fig. 1. Changes in fruit firmness of ‘SpringHoney’ peaches in cold storage at 0℃ with intermittent warming, then post-storage 3 days at 25℃ ± 2℃. IW: intermittent warming; error bar: standard deviation.

率高達 2.8 與 2.9，與對照組與處理 B、C、D 比較達差異顯著水準；貯後櫥架於室溫下 3 天，失重率達 6.4 與 5.0 (詳如表 1)。

各處理間冷藏後的可溶性固形物變化不明顯，約在 9.6–10.8°Brix 之間，對照組之含量與處理 B、C、E、F 比較達差異顯著水準。冷藏後 3 天糖度有略為增加的趨勢。酸度的變化冷藏後各處理間在 0.43–0.59%之間，不易比較處理間的變化趨勢，但冷藏後 3 天酸度有略為減少的趨勢，對照組與處理 B、D、F 間比較達差異顯著水準。果汁率的變化在冷藏後各處理間並無規律性變化，冷藏後 3 天則有略為減少的趨勢 (詳如表 1)。

果實粉質劣變的發生調查，果實經 2、3、4 星期 0℃冷藏後，再櫥架於室溫下 3 天 (處理 B, C, D)，其劣變指數由 2.4 至 8.4 (表 1)，冷藏 2 星期後 20℃間歇增溫 1 天再冷藏 1 星期 (處理 E)，其粉質劣變指數最低僅 0.8 為最低，至於冷藏 2 星期 20℃間歇增溫 1 天再冷藏 2 星期 (處理 F)，其間歇增溫處理並沒有降低粉質劣變 (指數 9.6) 的效果 (表 1)。

乙烯吸收劑與乙烯在冷藏期間對果實硬度與粉質劣變所扮演的角色

‘春蜜’桃果實經 0.5 ppm 1-MCP 燻蒸 12 小時 (處理 H)，15 ppm 乙烯密閉系統中密封 24 小時 (處理 I)，50 ppm ethephon 浸漬 1 分鐘晾乾 (處理 J)，100 ppm ethephon 浸漬 1 分鐘晾乾 (處理 K) 等處理後再於 0℃下冷藏 30 天，冷藏後果實硬度變化詳如圖 2-G、H、I、J、K 等，以對照 5.8 kg/cm^2 為最高，ethephon 處理者居次 (4.2–4.7 kg/cm^2)，其次是 1-MCP 處理的 1.2 kg/cm^2，以乙烯處理者硬度最低為 0.6 kg/cm^2。冷藏後置於室溫下 3 天，各處理果實硬度為 0.5 kg/cm^2 (圖 2)。

表 1. 低溫冷藏時間長短、間歇增溫處理及貯後 3 天對‘春蜜’桃果實粉質劣變的影響

Table 1. Changes in fruit woolly breakdown of ‘SpringHoney’ peach in cold storage at 0℃ with intermittent warming, then 3 days post-storage at 25℃ ± 2℃

Days at 25℃ after Storage	Treatment [z]	Fruit weight (g)	Weight loss (%)	Soluble solid content (°Brix)	Titratable acidity (%)	Juice content (%)	Woolly breakdown index (WBI) [y]
0	A	99.3 ± 1.8 [x]	0.0 ± 0.0 c	10.8 ± 0.2 a	0.54 ± 0.01 ab	62.3 ± 1.5 b	–
	B	94.6 ± 2.3	0.8 ± 0.0 b	9.9 ± 0.2 b	0.47 ± 0.02 cd	62.2 ± 1.9 b	–
	C	94.0 ± 1.3	0.9 ± 0.0 b	9.8 ± 0.2 b	0.51 ± 0.02 abc	68.1 ± 1.0 a	–
	D	89.2 ± 1.7	0.8 ± 0.1 b	10.3 ± 0.2 ab	0.50 ± 0.03 bc	66.0 ± 0.8 ab	–
	E	90.6 ± 1.8	2.8 ± 0.1 a	10.0 ± 0.2 b	0.59 ± 0.02 a	62.5 ± 2.6 d	–
	F	93.9 ± 2.2	2.9 ± 0.1 a	9.7 ± 0.2 b	0.43 ± 0.04 d	57.8 ± 1.2 c	–
3	A	89.3 ± 2.2	0.0 ± 0.0 d	10.7 ± 0.2 ab	0.51 ± 0.02 b	55.3 ± 1.7 bcd	–
	B	94.7 ± 2.1	6.0 ± 0.3 ab	10.1 ± 0.2 c	0.40 ± 0.01 c	63.4 ± 0.9 a	2.4
	C	89.2 ± 1.8	5.6 ± 0.2 b	10.9 ± 0.2 a	0.63 ± 0.02 a	58.7 ± 1.7 abc	4.4
	D	94.3 ± 2.1	6.0 ± 0.2 ab	9.6 ± 0.2 c	0.44 ± 0.02 c	49.8 ± 4.3 d	8.4
	E	94.0 ± 1.8	6.4 ± 0.2 a	10.3 ± 0.2 bc	0.56 ± 0.02 b	49.7 ± 0.9 ab	0.8
	F	90.1 ± 2.1	5.0 ± 0.2 c	9.9 ± 0.3 c	0.44 ± 0.02 c	53.2 ± 3.0 cd	9.6

[z] Treatment: A: 0℃ 0 week; B: 0℃ 2 weeks; C: 0℃ 3 weeks; D: 0℃ 4 weeks; E: 0℃ 2 weeks; 20℃ IW 24 h, then 0℃ 1 week; F: 0℃ 2 weeks, 20℃ IW 24 h, then 0℃ 2 weeks.
[y] Woolly Breakdown Index, WBI = (2LD + 3MD + 4SD)/10.
LD: percentage of fruits with woolly breakdown area ranged from 1 to 25.
MD: percentage of fruits with woolly breakdown area ranged from 26 to 50.
SD: percentage of fruits with woolly breakdown area > 50.
[x] Data are mean ± SE. Means in the same column at same storage days followed by the same letter are not significantly different according to the least significant different test at $p > 0.05$.

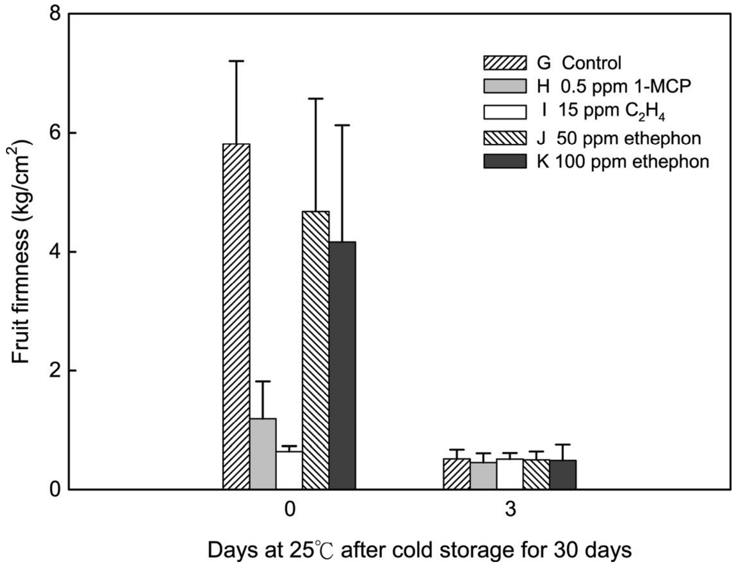


圖 2. ‘春蜜’桃於 0℃冷藏 30 天前以 1-MCP 與乙烯處理對果實硬度的影響。

Fig. 2. Changes in fruit firmness of ‘SpringHoney’ peaches by treated with 1-MCP and ethylene before cold storage at 0℃, then post-storage 3 days at 25℃ ± 2℃. Error bar: standard deviation.

果實失重率的變化在 0℃冷藏 30 天後，以 0.5 ppm 1-MCP 燻蒸 12 小時為最多達 2.4%，以 100 ppm ethephon 處理者為最低 1.0%。各處理後糖度與酸度間的差異不明顯，但貯後室溫下 3 天可溶性固形物與酸度皆有略為增加之趨勢。各處理間冷藏後果汁率的含量皆較對照組為少，但冷藏後 3 天處理 H、I 則有略增現象，處理 J、K 則呈略減現象。至於果實粉質劣變指數各處理間皆較對照組的 17.6 為高。以處理 K (100 ppm ethephon 浸漬處理 1 分鐘) 的劣變指數為最高達 25.6 (詳見表 2)。

冷藏、間歇增溫、1-MCP 及乙烯等處理對乙烯生成速率之影響

‘春蜜’桃經 0℃低溫冷藏 14、21、28 天後置於 25℃ ± 2℃的室溫下，每天測其乙烯生成速率，經低溫冷藏處理後，果實於室溫下，第 2 天即發生乙烯生成高峰；而對照組乙烯生成高峰在第 4 天才出現，且乙烯生成量相對減少很多 (圖 3)。

‘春蜜’桃經 0℃低溫冷藏 4 星期配合間歇增溫 1 天處理者，其乙烯生成最高，其次為冷藏 4 星期者 (圖 4)。單獨冷藏 3 星期，取出後櫥架於室溫下，乙烯生成高峰也出現在第 2 天，生成量居第三位。冷藏 3 星期處理，其間冷藏 2 星期配合 20℃間歇增溫 1 天，再冷藏 1 星期，其乙烯生成量最快也最高 (第 1 天)，於第 2 天出現高峰但生成量卻最低。

果實於冷藏前，以 1-MCP、乙烯、及益收等處理後，置於 0℃貯藏 30 天，對照 (處理 G)、乙烯 (處理 I)、ethephon (處理 J、K) 等處理，乙烯生成高峰皆在第 2 天發生，以 1-MCP (處理 H) 處理者乙烯生成高峰在第 3 天出現，且生成量僅為對照組的 59% (圖 5)。

討　論

由圖 1 顯示‘春蜜’桃果實冷藏 2、3、4 星期，隨著 0℃冷藏時間的延長，果實硬度從 7.8 kg/cm^2 逐漸下降至 5.4 kg/cm^2。然後果實在

表 2. 低溫冷藏期間乙烯的效果對採收後‘春蜜’桃果實品質與粉質劣變的影響

Table 2. Effect of ethylene on postharvest quality and occurrence of woolly breakdown in ‘SpringHoney’ peach during cold storage

Days at 25℃ after Storage	Treatment [z]	Fruit weight (g)	Weight loss (%)	Soluble solid content (°Brix)	Titratable acidity (%)	Juice content (%)	Woolly breakdown index (WBI) [y]
0	G	86.6 ± 1.5 [x]	1.7 ± 0.1 b	10.4 ± 0.2 a	0.36 ± 0.01 a	62.7 ± 1.2 a	–
	H	89.5 ± 1.7	2.4 ± 0.1 a	10.1 ± 0.2 a	0.36 ± 0.01 a	48.2 ± 2.2 d	–
	I	87.5 ± 1.9	1.8 ± 0.1 b	10.5 ± 0.3 a	0.30 ± 0.02 b	55.4 ± 1.4 c	–
	J	90.9 ± 1.9	1.2 ± 0.1 c	10.2 ± 0.3 a	0.36 ± 0.02 a	61.3 ± 2.8 ab	–
	K	91.9 ± 2.2	1.0 ± 0.1 c	10.9 ± 0.3 a	0.38 ± 0.01 a	56.5 ± 1.9 bc	–
3	G	88.4 ± 2.7	7.3 ± 0.2 b	10.5 ± 0.3 a	0.45 ± 0.02 a	53.9 ± 2.9 b	17.6
	H	92.6 ± 1.7	7.1 ± 0.4 b	10.7 ± 0.2 a	0.42 ± 0.05 a	58.1 ± 1.4 ab	20.0
	I	93.9 ± 1.5	6.6 ± 0.2 b	10.5 ± 0.3 a	0.40 ± 0.03 a	62.2 ± 1.1 a	23.2
	J	89.8 ± 1.2	9.6 ± 0.4 a	10.7 ± 0.3 a	0.50 ± 0.04 a	52.8 ± 2.3 b	22.4
	K	83.5 ± 1.6	8.9 ± 0.3 a	10.4 ± 0.2 a	0.37 ± 0.03 a	44.0 ± 3.8 c	25.6

[z] Treatment: G: 0℃ 30 d；H: 0.5 ppm 1-MCP (12 h) , then 0℃ 30 d; I: 15 ppm C_2H_4 (24 h), then 0℃ 30 d; J: 50 ppm ethephon (1 min), then 0℃ 30 d; K: 100 ppm ethephon (1 min), then 0℃ 30 d.

[y] Woolly Breakdown Index, WBI = (2LD + 3MD + 4SD)/10.

LD: percentage of fruits with woolly breakdown area ranged from 1 to 25.

MD: percentage of fruits with woolly breakdown area ranged from 26 to 50.

SD: percentage of fruits with woolly breakdown area > 50.

[x] Data are mean ± SE. Means in the same column at same storage days followed by the same letter are not significantly different according to the least significant different test at $p > 0.05$.

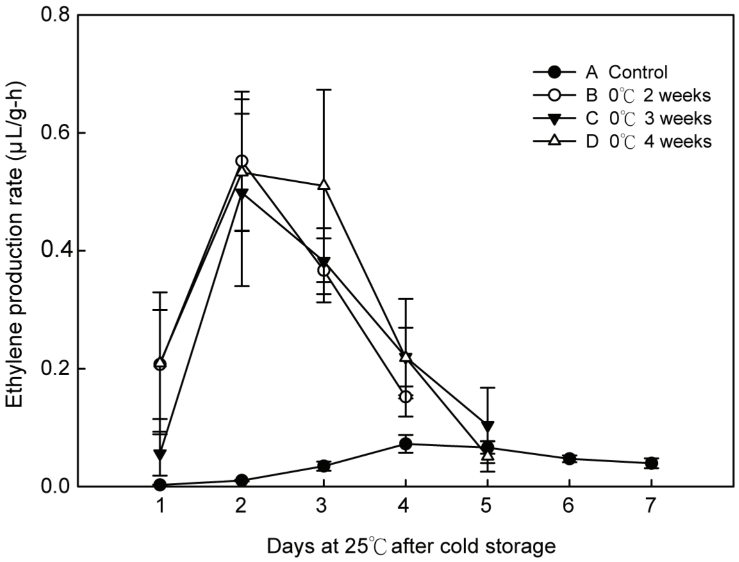


圖 3. ‘春蜜’桃經冷藏後，果實乙烯生成速率。

Fig. 3. Ethylene production of ‘SpringHoney’ peaches after 0℃ cold storage. Error bar: standard deviation.

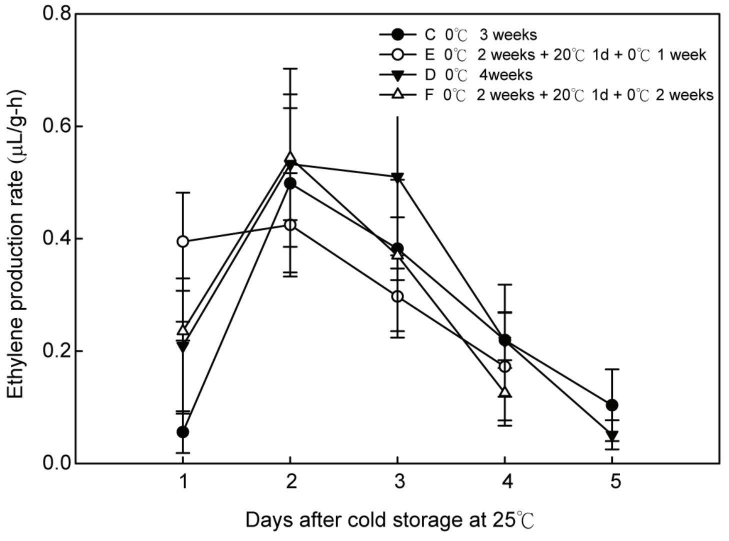


圖 4. 低溫冷藏與間歇增溫對'春蜜'桃乙烯生成速率之影響。

Fig. 4. Ethylene production of 'SpringHoney' peaches in cold storage with intermittent warming, then post-storage at 25℃ ± 2℃. Error bar: standard deviation.

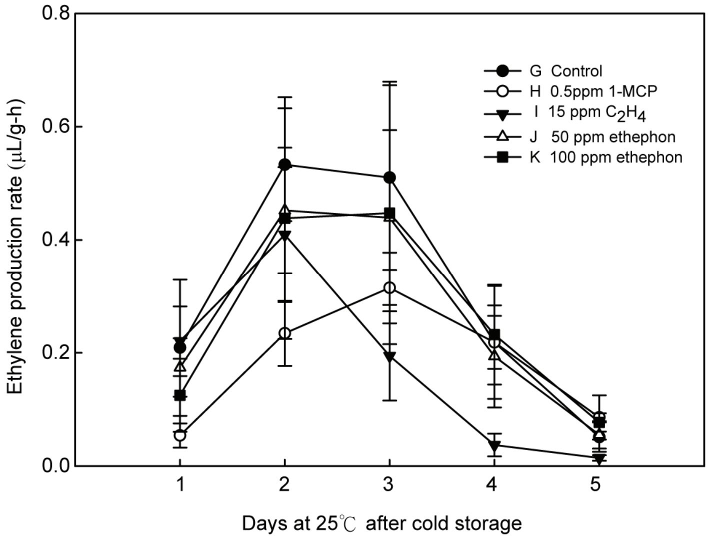


圖 5. 冷藏前以 1-MCP 及乙烯處理對'春蜜'桃乙烯生成速率的影響。

Fig. 5. Ethylene production of 'SpringHoney' peaches by treated with 1-MCP and ethylene before cold storage for 30 days. Error bar: standard deviation.

室溫下 (25℃ ± 2℃) 貯藏 3 天，果實硬度驟然下降至 0.5 kg/cm^2 左右，此一現象早在 1970 年 Vakis 等研究報導在較高溫度下，桃果實纖維酵素 (cellulase) 活性增加，導致果實變軟之結果相符。

至於冷藏期間間歇增溫處理，反而使果實硬度下降 (處理 E、F) 之現象，與果實貯藏溫度有關，因為溫度升高果實容易變軟。再者若在完熟時採收，間歇增溫對延長貯藏壽命的效果變差。

杏和桃果實可滴定酸會隨著果實的發育，達到最高量，然後隨著後熟與冷藏而下降 (Wankier *et al.* 1970)。有關果實可溶性固形物、酸度在冷藏期間的消長，Aly *et al.* (1981) 發現可溶性固形物通常隨著冷藏的時間與溫度而增加。果實冷藏在較低溫度下會發展成較低的可溶性固形物，可滴定酸則隨著貯藏時期而增加。本試驗果實間歇增溫貯藏 (E) 較低溫持續貯藏 4 星期 (D)，產生較高的酸度，此一結論可能是造成處理 E 之 WBI 最低的原因之一。

早在 1954 年 Pentzer 與 Heinze 就已經提出寒害的假說：由於細胞內發生的有毒物質累積與分解的平衡反應方程式發生偏差，導致果實發生寒害。對不同栽培種而言，在臨界溫度時雙向反應速率相等，但低於臨界溫度時，有毒物質的累積速率較分解速率為快，因而引起組織受傷。間歇增溫可維持正常的代謝作用，同時將驅散 (dissipated) 冷藏所累積有毒物質。此假說由 Smith (1947,1959) 的研究得到證明，他在低溫貯藏期間分別將蘋果和李由低溫移至室溫 5 天和 24 小時，結果可控制蘋果表面的瘡痂病和李的低溫傷害。

桃子直接冷藏在 0℃的條件下發生綿毛狀 (woolliness) 的現象者，僅能在冷藏後兩星期發現有關化學物質的改變。對於控制此一生理劣變果實直接貯藏兩星期後，再間歇移至較高溫度，其貯藏效果比果實入庫前延後低溫貯藏更為有效 (Ben-Arie *et al.* 1970)。在本試驗中處理 E (0℃冷藏 2 星期，20℃ 24 小時，再冷藏 1 星期) 的 WBI 最低僅 0.8，較處理 C (0℃冷藏 3 星期) 的 WBI 4.4 為低，對降低果實粉質劣變效果明確，但處理 F 則看不出間歇增溫的效果。

桃果實中隨著成熟的增加，伴隨著改變果膠物質有關的成熟酵素有 pectin methylesterase (PME，用來 de-esterifypectin)，polygalacturonase (PG，用來分解果膠鏈) 及纖維質酵素 (用來分解纖維質) 等 3 種。Girardi *et al.* (2005) 的研究認為桃粉質劣變的發生與 endopoly-galacturonase (endo-PG)、exo-polygalacturonase (exo-PG) 和 pectin methylesterase (PME) 等三種酵素有關，試驗處理若能誘導 endo-PG 和 exo-PG 的活性產生，並 (或) 壓制 PME 的活性，便能減少粉質劣變的發生。茅林春與張上隆 (2001) 從事果膠酶和纖維素酶在桃果實成熟與劣變中的作用，認為 endo-PG 和纖維素酶 (Cellulase) 活性與果實劣變程度間呈顯著負相關。低溫貯藏引起桃果實寒害，基本上是細胞壁果膠質的分解過程受阻。間歇增溫減輕寒害的原因，在於避免低溫逆境對 endo-PG 和纖維素酶造成不可逆的傷害，從而確保果膠質分解過程的正常進行。

乙烯的施用，1-MCP 的處理和間歇增溫的處理，可以提高 endo-PG 和 exo-PG 的活性，但卻無法降低 PME 的活性，因而導致果肉失去硬度和腐敗。此一報導，可印證本試驗冷藏 4 星期 (處理 D) 的 WBI 8.4 與冷藏 4 星期配合增溫 (處理 F) 的 WBI 9.6 比較，差異不大的原因之一 (表 1)。同理亦可解釋，施用 1-MCP (處理 H)、乙烯 (處理 I) 與 ethephon (處理 J、K) 等之粉質劣變，傾向皆高於 0℃冷藏 30 天的對照組 (表 2) 。

Lurie *et al.* (2002) 報導桃果實採收後經 1-MCP 處理，其結果顯示 1-MCP 不會抑制乙烯的生合成，但會延緩果實的軟化過程。本試驗中‘春蜜’桃經 1-MCP 處理後對於果實硬度的影響，與對照組相較，並未有延遲軟化的效果產生 (圖 2)。1-MCP 處理對‘春蜜’桃果實粉質劣變的生理障礙亦沒有減緩的作用 (表 2)。

‘春蜜’桃冷藏處理後，果實櫥架於室溫下調查果實劣變與測定乙烯生成量，處理 B 至第

4 天，處理 C、D 至第 5 天後，由於果實過熟腐壞，已無果實可供乙烯測定，因而乙烯測定無法像對照組 (A) 持續測定至第 7 天。圖 4 的乙烯測定亦有相同現象發生。

在 0℃冷藏 3 星期 (處理 C) 、4 星期 (處理 D) 與相對的冷藏時間配合間歇增溫處理 E 與 F 之果實，於冷藏後再置於室溫下，乙烯生成量的比較分析，以處理 E 的生成高峰與生成量皆為最低 (第 1 天除外) (圖 4)。此一最少的乙烯生成量與最低 WBI 指數 0.8 (處理 E) (表 2) 有關，因為乙烯生成高峰 (第 2 日) 當天各處理間生成量的高低次序為 F > D > C > E (圖 4)，而表 2 WBI 的指數高低次序亦為 F > D > C > B > E 兩者之間，呈現乙烯生成高峰愈高者，粉質劣變指數也愈高的現象。

由圖 5 顯示 ethylene 及 ethephon 處理之乙烯生成量，皆較對照組少，在國外也有類似報導，如 Brecht 與 Kader (1982a) 以油桃為材料，在 0℃下以 100 ppm 乙烯處理 1 星期，其乙烯生成量只有對照 (置於空氣中) 的 50%。Zeroni 等 (1976) 亦報導未成熟 (immature) 和無後熟 (non-ripening) 果實，利用外加的乙烯來抑制內生乙烯的產生，可能是在於阻擾乙烯自然產生的機制。冷藏 30 天後在室溫下 2 天的乙烯生成高峰中，乙烯處理 (I) 及 ethephon (J、K) 處理者，其乙烯生成量各為對照組的 77%、85% 及 84%。由此顯示，乙烯與 ethephon 處理確實可以阻擾桃果實乙烯生成量，但據試驗的結果顯示，阻擾乙烯生成量的多寡與果實成熟度間有密切的關係。

誌　謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會專題研究計畫 NSC 95-2313-B-055-003 經費補助，黃肇家博士惠借乙烯測定儀器與設備，李淑敏、林海生、劉慶良等多年的協助調查與果園栽培管理，特表謝忱。

引用文獻 (Literature cited)

Aly, M. M., Z. A. El-Gamy, and R. H. Biggs. 1981. Ethylene production and firmness of peach and nectarine fruits as relates to storage. Proc. Fla. State Hort. Soc. 94:291–294.

Ben-Arie, R., S. Leaves, and S. Guelfat-Reich. 1970. Control of woolly breakdown of Alberta peaches in cold storage by intermittent exposure to room temperature. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95:801–803.

Brecht, J. K. and A. A. Kader. 1982. Ripening and reduced ethylene production by nectarine fruits following exposure to ethylene. HortScience 17:224–225.

Fernandez-Trujillo, J. P. and F. Artes. 1998. Intermittent warming during cold storage of peaches packed in perforated polypropylene. Lebensm.-Wiss. U.-Technol. 31:38–43.

Girardi, C. L., A. R. Corrent, L. Lucchetta, M. R. Zanuzo, T. S. da Costa, A. Brackmann, R. M. Twyman, F. R. Nora, L. Nora, A. Silva, and C. V. Rombaldi. 2005. Effect of ethylene, intermittent warming and controlled atmosphere on postharvest quality and the occurrence of woolliness in peach (*Prunus persica* cv. Chiripa) during cold storage. Postharvest Biol. Technol. 38:25–33.

Lill, R. E. 1985. Alleviation of internal breakdown of nectarines during cold storage by intermittent warming. Scientia Hort. 25:241–246.

Lill, R. E. and G. J. Van Der Mespel. 1988. A method for measuring the juice content of mealy nectartines. Scientia Hort. 36:267–271.

Lill, R. E., E. M. O'Donoghue, and G. A. King. 1989. Postharvest physiology of peaches and nectarines. Hort. Rev. 11:413–452.

Lurie, S., A. Lers, H. W. Zhou, and L. Dong. 2002. The role of ethylene in nectarine ripening following storage. Acta Hort. 592:607–613.

Mao, L. C. and S. L. Zhang. 2001. Role of pectolytic enzymes and cellulase during ripening and woolly breakdown in peaches. Acta Hort. Sinica 28: 107–111.

Ou, S. K., C. W. Song, C. C. Huang, and M. H. Liu. 2006. Change in flesh firmness and ethylene production of different peach types during fruit ripening. J. Taiwan Soc. Hort. Sci. 52:131–138. (in Chinese with English abstract)

Pentzer, W. T. and P. H. Heinze. 1954. Postharvest physiology of fruits and vegetables. Ann. Rev.

Plant Physiol. 5:205–244.

Smith, W. H. 1947. Control of low temperature injury in the Victoria plum. Nature 159:541–542.

Smith, W. H. 1959. Control of superficial scald in stored apples. Nature 183:760.

Vakis, N., J. Soule, E. M. Ahmed, and W. Grierson. 1970. Respiration, ethylene evolution, and enzymatic changes of Florida peaches and nectarines as affected by storage temperature. Proc. Fla. State Hort. Soc. 83:285–290.

Wankier, B. N., D. K. Salunkhe, and W. F. Campbell. 1970. Effect of controlled atmosphere storage on biochemical changes in apricot and peach fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95:604–609.

Zeroni, M., J. Galil, and S. Ben-Yehoshua. 1976. Autoinhibition of ethylene formation in non-ripening stages of the fruit of sycamore fig (*Ficus sycomorus* L.). Plant Physiol. 57:647–650.

Control of Mealy Breakdown Caused by Cold Injury in 'SpringHoney' Peach[1]

Shyi-Kuan Ou[2], Ming-Hui Liu[2], Jau-Yeuh Wang[3], Chia-Wei Song[2], and Ming-Te Lu[2,4]

Abstract

Ou, S. K., M. H. Liu, J. Y. Wang, C. W. Song, and M. T. Lu. 2009. Control of mealy breakdown caused by cold injury in 'SpringHoney' peach. J. Taiwan Agric. Res. 58:73–83.

In order to alleviate the fruit supply during harvest season, and to extend market availability, techniques of cold storage becomes necessary for peach growers. Several postharvest treatments including cold storage alone or in combination with intermittent warming, 1-methycyclopropene (1-MCP), ethylene inhibitor, ethylene, or ethephon dipping treatments were conducted to document their effects on controlling physiological disorders in low-chill 'SpringHoney' peaches. Four weeks under 0℃ storage, followed by 3 days at room temperature (25℃ ± 2℃) resulted in a value of woolly breakdown index (WBI) of 8.4. Three weeks at 0℃ followed by intermittent warming then returned to 0℃ for 1 week significantly reduced WBI to 0.8 and resulted in the best storage quality. Fruits subjected to cold storage alone or with the additional intermittent warming treatments, produced ethylene peak within 2 to 3 days at room temperature. Fruits treated with high rate of ethylene also scored high in WBI value. Neither the supply of ethylene, nor 1-MCP application is recommended because fruits subjected to these treatments were prone to woolly breakdown and caused fruits softening.

Key words: Storage life, Cold injury, Mealy breakdown, Intermitted warming.

---

1. Contribution No.2352 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: March 17, 2009.
2. Respectively, Senior Horticulturist and Director, Project Assistant, Assistant Horticulturist, and Assistant Horticulturist, Crop Science Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Horticulturist, Biotechnology Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, E-mail: mingtelu@tari.gov.tw; Fax: (04)23399544.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 58(2):84–92 (2009)

利用硼砂餌劑防治入侵紅火蟻 (*Solenopsis invicta* Buren) (膜翅目：蟻科) 之效果評估 [1]

邱一中[1,2] 王清玲[2]

摘 要

邱一中、王清玲。2009。利用硼砂餌劑防治入侵紅火蟻 (*Solenopsis invicta* Buren) 之效果評估。台灣農業研究 58:84–92。

為評估在台灣利用 7.5%硼砂餌劑防治入侵紅火蟻 (*Solenopsis invicta* Buren) 的適用性，以桃園台電大潭電廠為試驗地，測試百利普芬 (0.5% Pyriproxyfen) 分別搭配賜諾殺 (0.015% Spinosad) 及硼砂 (7.5% Borax) 的防治效果。第 1 次施藥全區施用百利普芬，4 個月後進行第 2 次施藥，分別施用賜諾殺及硼砂餌劑。施用藥劑及用量分別為百利普芬 2 kg/ha、賜諾殺 3 kg/ha、硼砂 3 kg/ha。在試驗 8 個月期間，以調查試驗區內活動蟻巢數及陷阱內火蟻平均密度，估計其防治率，作為評估效果之依據。根據活動蟻巢數估算各評估區之最終防治率均達 97.7%以上，顯示百利普芬-硼砂組合與百利普芬-賜諾殺組合對入侵紅火蟻均有明顯的防治效果。利用掉落式陷阱法進行火蟻密度的偵測，硼砂試驗區於施用硼砂餌劑後 2 個月，防治率達 70%以上，3 個月後更達 83%以上，賜諾殺餌劑試驗區防治率亦達 79%以上，顯見百利普芬餌劑搭配硼砂餌劑與百利普芬餌劑搭配賜諾殺餌劑對入侵紅火蟻的防治效果均良好。

關鍵詞：入侵紅火蟻、餌劑、硼砂。

前 言

入侵紅火蟻 (red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren) 為膜翅目 (Hymenoptera)、蟻科 (Formicidae)、火家蟻屬 (*Solenopsis*) 昆蟲，原分布於南美洲巴拉那河流域 (Parana) (Allen *et al.* 1995)。聯合國國際保育聯盟 (The World Conservation Union) 於 2001 年公佈世界 100 種惡性入侵生物名錄，入侵紅火蟻是列名且備受矚目的有害生物。入侵紅火蟻會主動攻擊人、動物 (寵物、家畜、家禽) 及植物 (作物) 外，也會對工業與商業的設施及環境生態造成破壞，是非常危險與重要的害蟲。

1930 年代，入侵紅火蟻從南美洲原產地巴西、阿根廷、烏拉圭等國家侵入美國阿拉巴馬

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2353 號。接受日期：98 年 3 月 17 日。
2. 本所應用動物組聘用助理研究員與研究員兼組長。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：ycchiu@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23317600。

州 (Alabama) 的摩比爾郡 (Mobile) 後，即向美國東南部及南部擴散，在 1950 年代更擴展到德州 (Vinson 1997)，美國目前已有 14 州超過 3 億英畝的土地深受其害 (United States Government Printing Office 2008)，每年均造成嚴重的經濟損失。2001 年，入侵紅火蟻突破太平洋的阻礙入侵澳洲及紐西蘭 (Nattrass & Vanderwoude 2001)，澳洲政府隨即成立火蟻防治中心，展開 6 年滅絕計畫，並自 2007 年起推動第 2 個 6 年滅絕計畫 (Lee *et al.* 2008)，每年投注龐大防治經費進行紅火蟻滅絕計畫，便是評估若火蟻未能有效防除，將造成更嚴重的經濟損失。

2003 年 10 月在桃園八德市發現此種螞蟻入侵臺灣後 (Shih 2004)，此蟻已經在桃園縣、台北縣與嘉義縣的 18 個鄉鎮普遍發生，以及在基隆市、台北市、台北縣、新竹市、新竹縣、苗栗縣、嘉義市與台南縣有零星個案發生 (國家紅火蟻防治中心，http://www.fireant-tw.org/fireant/)。2007 年台北、桃園、嘉義等地區防治噴藥的面積 (含發生區及緩衝區) 共計 40,318 ha，估計台北、桃園、嘉義等地區入侵紅火蟻仍發生面積計 4676 ha (Lee *et al.* 2008)，在農業環境、生態環境與人體健康上已造成不同程度的危害。

硼砂化學名為硼酸鈉，其分子式為 $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$，具有保水及防腐的特性，為廣泛應用於螞蟻及蟑螂的環境衛生用藥毒性成分，過去常添加於食品以增加保存期限 (United States Environmental Protection Agency 1993; Chen *et al.* 2004)。含 7.5%硼砂餌劑為農業試驗所針對火蟻開發之毒殺型餌劑，餌劑成分包括誘引成分及有毒成分硼砂，利用誘引成分吸引火蟻工蟻搬食回巢，藉由火蟻分食習性，將有毒成分餵食幼蟻、蟻后及其他成蟻而毒殺之。2006 年 3 月該餌劑通過行政院環保署一般環境用藥製造許可 (環署衛製字第 1562 號)，以商品名「美洲豹-火蟻誘殺餌劑」開始製造販售。

入侵紅火蟻之防治，目前使用的餌劑種類與方法是輪替使用昆蟲生長調節型餌劑 (百利普芬或美賜平) 與毒殺型餌劑 (因得克、賜諾殺或芬普尼)，每年施用 3–4 次 (Council of Agriculture 2007)。所使用之防治餌劑均為國外進口，採購藥劑的支出占防檢局年度入侵紅火蟻防治預算 6 成以上 (Lee *et al.* 2008)。7.5%硼砂餌劑為本所針對火蟻開發之有效的毒殺型餌劑，如能應用於國內入侵紅火蟻之防除，將可大幅降低防治成本，本試驗即針對此新餌劑之田間效果進行評估，並與現行之防治用藥比較，以作為入侵紅火蟻防治之參考。

材料與方法

使用藥劑

百利普芬餌劑：Esteem® Ant Bait (0.5% Pyriproxyfen w/w) (Valent Corporation USA)。

賜諾殺餌劑：Justice® Fire Ant Bait (0.015% Spinosad; a mixture of spinosyn A and spinosyn D) (Dow AgroSciences LLC)。

硼砂餌劑：Fire Fire-Ants Bait (7.5% Borax w/w) (Tyeng Long Incorporation Taiwan)。

試驗區的規劃及施藥方式

試驗區的設置及活動蟻巢調查：(1) 在桃園縣觀音鄉火蟻發生地區選定台電大潭電廠約 100 ha 作為試驗區，利用衛星定位劃定防治區，並製作航照圖以供試驗標定使用 (圖 1)。將該試驗區劃分出硼砂餌劑試驗區約 70 ha 及賜諾殺餌劑試驗區約 30 ha。其中在硼砂試驗區內另設置硼砂防治效果評估 A 區約 3 ha 及硼砂防治效果評估 B 區約 2 ha；賜諾殺藥劑試驗區內另設置賜諾殺防治效果評估 C 區約 4 ha。(2) 在試驗區選取火蟻蟻巢分佈較平均區域作為防治效果評估區，硼砂防治效果評估 A 區內設置 27 小區；硼砂防治效果評估 B 區內設置

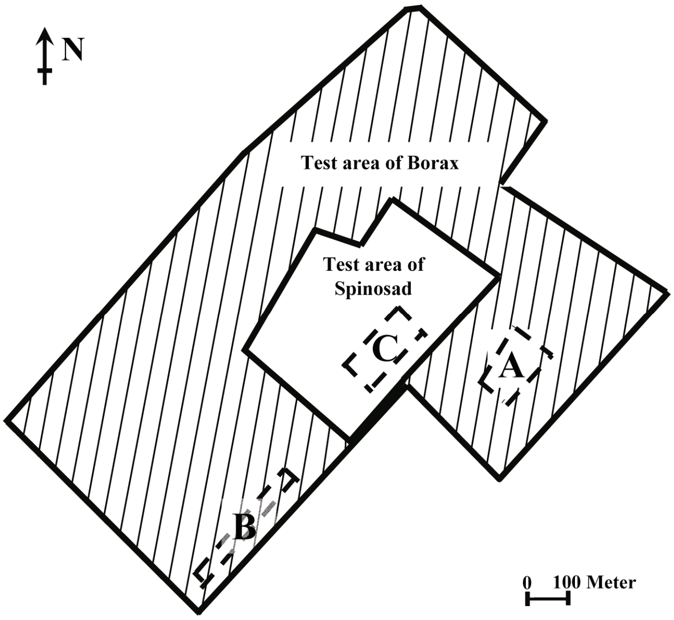


圖 1. 桃園台電大潭電廠火蟻防治區域規劃圖。分為硼砂餌劑試驗區 (斜線區域) 及賜諾殺餌劑試驗區 (空白區域)，其中硼砂試驗區再區隔出硼砂防治效果評估 A 區及 B 區；賜諾殺試驗區再區隔出賜諾殺防治效果評估 C 區。

Fig. 1. A diagram showing the experimental site the Datan Power Plant, Guanyin, Taoyuan. This site was divided into borax test area (oblique line) and spinosad test area (blank area). Note the location of the three active nests areas: two (A and B) in the borax area and one (C) in the spinosad area.

13 小區；賜諾殺防治效果評估 C 區內設置 42 小區，每個小區均為 (5 × 5) m^2，分別調查記錄活動蟻巢數。活動蟻巢之認定參照行政院農業委員會 (2007) 公佈之紅火蟻標準作業程序第三版，紅火蟻偵察、監測及防治效果評估標準作業程序 6.1.1.1.1 條，擾動蟻巢後 60 秒內，有火蟻爬出即視為活動蟻巢。

偵測點的設置及火蟻密度調查：約 60 m 設置一個偵測點為原則。硼砂餌劑試驗區 (斜線區域) 共設置 121 個偵測點，賜諾殺餌劑試驗區 (空白區域) 共設置 50 個偵測點，分別調查入侵紅火蟻的數目。偵測方法為掉落式陷阱法，操作方式如下：(1) 偵測管為直徑 3 cm、高 11 cm 的 50 mL 塑膠離心管，以油性筆依試驗區及偵測點序號於放置的偵測管壁書寫標示。(2) 利用鐵鎚及鑿子於設定的偵測點上鑿出直徑約 3 cm、深度約 11 cm 的洞，再將內裝 30 mL 75%酒精的偵測管放置於洞中，管口與地面齊平，並插上偵測點序號標示牌標定位置。(3) 放置 24 小時後回收偵測管，鑑定、計算及紀錄偵測管中的入侵紅火蟻數量。

施藥方式：施藥的計畫採行目前國家紅火蟻中心及動植物防疫檢疫局擬定以生長調節劑型餌劑與毒殺型餌劑交替使用之施藥策略，以架設在沙灘車上之背負式動力粒劑撒佈器均勻撒於試驗區，施用前先調校撒佈器具以確保施用適當的劑量。於 2006 年 12 月 12 日第 1 次施藥，試驗全區均施用生長調節劑型餌劑之百利普芬餌劑，施用餌劑量為 2 kg/ha；於 2007 年 5 月 2 日第 2 次施藥，藥劑為毒殺型餌劑，分別

在硼砂餌劑試驗區施用硼砂餌劑，施用餌劑量為 3 kg/ha，賜諾殺餌劑試驗區施用賜諾殺餌劑，施用餌劑量為 3 kg/ha。

餌劑防治效果評估

以活動蟻巢數為計量之效果評估：(1) 調查頻率：硼砂及賜諾殺餌劑施藥前 (第 2 次施藥前) 每隔 2 星期調查 1 次，共計進行 6 次的火蟻活動蟻巢數調查，估算施藥前之入侵紅火蟻蟻巢密度；第 2 次施藥後每隔 2 星期調查 1 次，共計進行 6 次的火蟻活動蟻巢數調查。(2) 防治率估算：本研究利用下列公式估算餌劑的防治率。

$$\text{防治率} = \left(1 - \frac{\text{餌劑處理後的火蟻活動蟻巢數}}{\text{餌劑處理前的火蟻活動蟻巢數}}\right) \times 100\%$$

以火蟻密度計量之效果評估：(1) 偵測頻率：硼砂及賜諾殺餌劑施藥前 (第 2 次施藥前) 每隔 1 個月偵測一次，共計進行 6 次的掉落式陷阱偵測，估算第 2 次施藥前之入侵紅火蟻密度；第 2 次施藥後每隔 1 個月調查 1 次，共計進行 3 次的火蟻密度偵測。(2) 防治率估算：本研究利用下列公式估算餌劑的防治率。

$$\text{防治率} = \left(1 - \frac{\text{餌劑處理後的火蟻密度}}{\text{餌劑處理前的火蟻密度}}\right) \times 100\%$$

結　　果

不同藥劑對入侵紅火蟻活動蟻巢數變化的影響

在 2006 年 12 月 12 日進行試驗區全面施用百利普芬餌劑後，隔天遇到降雨，造成第 1 次施藥後效果受影響。其後，在每 2 週 1 次的活動蟻巢調查中，各試驗評估區的活動蟻巢平均數均有增加的趨勢 (表 1)。

在 2007 年 5 月 2 日進行第 2 次施藥，各試驗藥效評估區於施藥後第 2 週，平均活動蟻巢數便開始減少 (表 1)。至第 8 週，各試驗藥效評估區平均活動蟻巢數均快速減少，平均活動蟻巢數均低於 1 巢/區。第 12 週後，各試驗藥效評估區幾乎已不見入侵紅火蟻之活動蟻巢，顯見硼砂餌劑與賜諾殺餌劑對入侵紅火蟻的防治效果佳。利用 *t*-test $p < 0.05$ 之顯著水準比較各處理間的差異性，結果硼砂餌劑評估 A 區及 B 區賜諾殺餌劑評估 C 區之防治效果，彼此間並無差異，顯示硼砂餌劑搭配百利普芬餌劑防治效果與賜諾殺餌劑搭配百利普芬餌劑效果相同。

以活動蟻巢數評估之防治率估算

根據計算防治率的公式，計算 2 組處理在施用賜諾殺及硼砂餌劑後，不同時間點的防治率如表 2 所示。以 2007 年 4 月 26 日的調查數據為硼砂或賜諾殺餌劑處理前的火蟻活動蟻巢數，防治率計算結果硼砂餌劑評估 A 區、硼砂餌劑評估 B 區及賜諾殺餌劑評估 C 區經藥劑處理後，經過 8 週，其防治率可達到 80%以上，第 10 週即達到 90%以上，12 週後更達到 97%以上，硼砂餌劑評估 A 區甚至達 100%，顯見硼砂餌劑搭配百利普芬餌劑與賜諾殺餌劑搭配百利普芬餌劑對入侵紅火蟻的防治效果良好。

不同藥劑對入侵紅火蟻之密度變化的影響

將每次偵測的偵測管收回後，進行火蟻鑑定、計算並紀錄管內入侵紅火蟻的數量，所得結果如表 3 所示。

各試驗區偵測的入侵紅火蟻數量平均值，在施用賜諾殺及硼砂餌劑前，呈現出不規律的變化，在施用賜諾殺及硼砂餌劑後，餌劑發揮其效果，誘集的火蟻餌劑密度均有減少的趨勢。

以掉落式陷阱之火蟻數評估之防治率估算

根據上述計算防治率的公式，計算 2 組處理在施用賜諾殺及硼砂餌劑後，不同時間點的防治率如表 4 所示。以 2007 年 4 月 26 日前共計 6 次的調查數據平均為硼砂或賜諾殺餌劑

表 **1.** 施用不同餌劑對入侵紅火蟻活動蟻巢數之影響

Table 1. Effect of different ant baits on number of active ant nests of red imported fire ant

Sampling Date (2007)	Pyriproxyfen + Borax			Pyriproxyfen + Spinosad
	A area [y]	B area [x]	Average [w]	C area [v]
12 Feb	3.67 ± 0.25 [z]	5.00 ± 0.61	4.10 ± 0.27	4.36 ± 0.25
27 Feb	3.63 ± 0.24	5.31 ± 0.69	4.18 ± 0.30	4.38 ± 0.25
19 Mar	3.59 ± 0.23	5.39 ± 0.71	4.18 ± 0.31	4.41 ± 0.25
30 Mar	4.11 ± 0.31	6.23 ± 0.88	4.80 ± 0.38	4.74 ± 0.29
12 Apr	4.41 ± 0.37	6.39 ± 0.92	5.05 ± 0.41	4.93 ± 0.29
26 Apr	4.63 ± 0.39	6.69 ± 1.02	5.30 ± 0.44	5.00 ± 0.28
u →				
16 May	3.41 ± 0.37	5.15 ± 0.85	3.98 ± 0.39	4.21 ± 0.26
29 May	3.26 ± 0.34	4.54 ± 0.61	3.68 ± 0.31	3.88 ± 0.22
13 Jun	2.74 ± 0.33	3.85 ± 0.45	3.10 ± 0.28	3.33 ± 0.22
28 Jun	0.59 ± 0.15	1.23 ± 0.30	0.80 ± 0.15	0.91 ± 0.13
13 Jul	0.04 ± 0.04	0.38 ± 0.18	0.15 ± 0.07	0.29 ± 0.08
2 Aug	0.00 ± 0.00	0.15 ± 0.10	0.05 ± 0.03	0.05 ± 0.03

[z] Number of active ant nests = mean ± S.E.
[y] Average of active ant nests in 27 plots (5 m × 5 m per plot).
[x] Average of active ant nests in 13 plots (5 m × 5 m per plot).
[w] Average of A area and B area.
[v] Average of active ant nests in 42 plots (5 m × 5 m per plot).
[u] Application of spinosad bait (3 kg/ha) and borax bait (3 kg/ha) on May 2, 2007.

表 **2.** 施用不同餌劑對入侵紅火蟻活動蟻巢數之估算防治率 (%)

Table 2. Control rate (%) of different baits on red imported fire ant based on number of active nests

	Estimated control rate (%)			
	Pyriproxyfen + Borax			Pyriproxyfen + Spinosad
number of week [z]	A area	B area	Average [y]	C area
2	26.40	23.00	25.00	15.71
4	29.60	32.18	30.66	22.38
6	40.80	42.53	41.51	33.33
8	87.20	81.61	84.91	81.90
10	99.20	94.25	97.17	94.29
12	100.00	97.70	99.06	99.05

[z] Week after application of ant baits (borax bait and spinosad bait).
[y] Average of A area and B area.

處理前的每個陷阱火蟻平均密度，硼砂餌劑試驗區處理前火蟻平均密度 (mean ± S.E.) 為 2.08 隻/管 ± 0.55 隻/管，賜諾殺餌劑試驗區為 4.41 隻/管 ± 1.25 隻/管。防治率計算結果硼砂餌劑試驗區經藥劑處理後，經過 2 個月，其防治率即可達到 70%以上，3 個月後更達到 83%以上，賜諾殺餌劑試驗區 3 個月後防治率亦達 79%以上，顯見硼砂餌劑搭配百利普芬餌劑與賜諾殺餌劑搭配百利普芬餌劑對入侵紅火蟻的防治效果良好。

表 3. 施用不同餌劑對入侵紅火蟻密度 (mean ± S.E.) 之影響

Table 3. Effect of different ant baits on densities of red imported fire ant

Sampling (Year and Date)	Pyriproxyfen + Spinosad		Pyriproxyfen + Borax	
	n [y]	Avg. no. RIFAs/tube	*n*	Avg. no. RIFAs/tube
13 Nov 2006	40	11.38 ± 6.78 [x]	88	0.59 ± 0.26
21 Dec 2006	50	4.34 ± 2.44	121	2.26 ± 1.11
24 Jan 2007	50	0.90 ± 0.47	121	0.12 ± 0.06
27 Feb 2007	50	2.32 ± 0.55	121	0.87 ± 0.30
30 Mar 2007	50	7.58 ± 3.96	121	6.83 ± 2.85
26 Apr 2007	50	1.36 ± 0.43	121	1.41 ± 0.44
→ [z]				
29 May 2007	50	1.88 ± 0.97	121	0.77 ± 0.40
28 Jun 2007	50	0.06 ± 0.03	121	0.62 ± 0.22
02 Aug 2007	50	0.9 ± 0.59	121	0.35 ± 0.17

[z] Application of spinosad bait (3 kg/ha) and borax bait (3 kg/ha) on May 2, 2007.
[y] Number of pit-fall trap.
[x] Average number of red imported fire ants/tube = mean ± S.E.

表 4. 施用不同餌劑對入侵紅火蟻密度之估算防治率

Table 4. Control rate of different ant baits on red imported fire ant based on number of ants captured

	Estimated control rate (%)	
Number of month [z]	Test area of Spinosad	Test area of Borax
1	57.41	63.06
2	98.64	70.21
3	79.61	83.32

[z] Month after application of ant baits (borax bait and spinosad bait).

討　　論

硼砂是目前臺灣環境衛生用藥中，主要防治螞蟻及蟑螂的有效成分，且對人、畜及魚類毒性低安全性高 (United States Environmental Protection Agency 1993)。硼砂餌劑除毒性成分7.5%硼砂外，主要依據火蟻的取食偏好調配具高引誘性誘引配方，可在短時間吸引火蟻取食及搬運回巢，加上硼砂本身具延長腐敗的能力，可增長餌劑的保存及儲架時間，加上該餌劑在台灣生產製造，餌劑新鮮度高，且生產成本價格低，可大幅減低防治入侵紅火蟻的成本。

該餌劑在開發期間，於 2005 年曾進行小面積的田間試驗，試驗地點在桃園縣八德市約 0.5 ha 的火蟻危害地，硼砂餌劑約施藥第 4 週以後顯現出防治效果，估算防治率在 65%以上，第 8 週以後，防治率更達到 90%以上，顯示開發的硼砂餌劑具有防治入侵紅火蟻的能力，且使用安全效果良好 (作者未發表資料)。行政院農委會動植物防疫檢疫局亦針對入侵紅火蟻田間獨立蟻巢進行餌劑藥效試驗評估，證實該硼砂餌劑與目前防檢局使用的因得克餌劑 (0.045% Indoxarcarb)、賜諾殺餌劑效果相當，30 日內可達進 100%防治效果，且未有蟻群殘存、擴散或移居別處的情形 (Su & Lee 2008)。

田間試驗易受氣候因素影響，由於試驗初期為台灣冬季進入春季之時，在第 1 次進行試驗區全面施用百利普芬餌劑後，隔天遇到降雨，累積雨量約達 9.5 mm，使得該次施藥的結果受到影響，由表 2 即可看出平均蟻巢數在第 2 次施藥前隨時間增加而遞增，硼砂評估區及賜諾殺評估區結果均是如此，降雨的原因可能使得第 1 次施用的百利普芬餌劑失去該有的藥效，亦有可能百利普芬餌劑藥效成果尚未顯現，因為昆蟲生長調節劑產生效果約在 3–6 個月。第 2 次分別於相對應試驗區施用賜諾殺餌

劑及硼砂餌劑後的紀錄，由表 1 可看出施藥效果在施藥後第 2 週起，即陸續的顯現防治成果，至第 8 週時每區的平均活動蟻巢數更快速減少 2 巢以上，百利普芬餌劑搭配硼砂餌劑與百利普芬餌劑搭配賜諾殺餌劑的效果相近，約施藥第 8 週以後顯現出最佳的防治效果，估算的防治率都在 97.7%以上，甚至達 100%。因此，在桃園觀音台電大潭電廠火蟻發生密度高的地區，參照行政院農業委員會公佈之紅火蟻標準作業程序第三版，紅火蟻偵察、監測及防治效果評估標準作業程序 6.1.1.1.2 條，此區為中度發生區，只要依據推薦的最低劑量，在發生地區均勻撒佈，硼砂餌劑與賜諾殺餌劑一樣，均可獲得良好的防治效果。

火蟻出巢取食會受到溫度的影響而有季節性差異，本試驗於 2006 年 11 月開始進行至 2007 年 8 月為止，試驗觀察期歷經一季的冬天、春天及夏天，第 1 次施藥於 12 月的冬天，平均溫度約 17℃左右，施藥時可見火蟻搬食餌劑的現象，由觀察的結果可知，在台灣的氣候環境下，冬天氣溫雖較低，但仍舊是火蟻可忍受的溫度，只是外出的火蟻數量較溫暖季節時少。此外，降雨及濕度高時，也會影響火蟻外出覓食的意願。掉落式陷阱調查法，因為調查的為外出的火蟻活動數量，因此誘集的火蟻數量會受調查日當時的氣溫、濕度、及降雨的影響。在第 1 次施藥後，因調查日氣溫及地面的潮濕程度影響，使火蟻的平均密度變化極大。由表 3 的結果，2006 年 11 月 13 日及 2007 年 3 月 30 日因天氣溫暖，平均氣溫分別為 22℃及 25℃，火蟻活動性強誘集的數量較多，2007 年 1 月 24 日因氣溫偏低，平均氣溫只有 12℃ 左右，火蟻活動性弱誘集數量少，因此造成誘集密度的不規律。在施用賜諾殺餌劑及硼砂餌劑後，氣候較穩定，且餌劑發揮其效果，每管掉落式陷阱平均誘集的火蟻密度均有減少的趨勢，硼砂餌劑試驗區經藥劑處理，3 個月後達到 83%以上的防治率，賜諾殺餌劑試驗區防治率亦達 79%以上，顯見百利普芬餌劑搭配硼砂餌劑與百利普芬餌劑搭配賜諾殺餌劑對入侵紅火蟻的防治效果均良好。

為避免入侵紅火蟻的擴散，因此本次在大潭電廠的試驗，主要為 7.5%硼砂餌劑與現行使用的毒殺型餌劑藥效的比較，未設置不施藥的對照組，而以賜諾殺餌劑試驗組作為藥效對照，由試驗數據及現場實際觀察結果，可以證實 7.5%硼砂餌劑搭配百利普芬餌劑與賜諾殺餌劑搭配百利普芬餌劑確實對入侵紅火蟻具有良好的防治效果。本次試驗使用的百利普芬生長調節型餌劑及賜諾殺毒殺型餌劑是目前美國、澳洲及台灣大面積使用的防治餌劑 (Davis 2004; Jennings & McCubbin 2004; Council of Agriculture 2007)，硼砂毒殺型餌劑是農業試驗所開發的國產餌劑，從試驗結果顯示，硼砂餌劑與在台灣大面積使用的賜諾殺餌劑具有相近的防治效果。

誌謝

本研究承行政院農業委員會動植物防疫檢疫局科技計畫 95 農科-13.1.2-檢-B3 經費補助。試驗期間承蒙台灣電力公司北部施工處事務股鄭錫源股長，協助提供試驗場地及調派人員協助試驗工作，桃園縣蘆竹鄉火蟻防治隊，協助大面積餌劑的撒佈，本所楊清翰先生、楊景岳先生、徐孟愉小姐及賴美文小姐等協助試驗，文成複蒙本所錢景秦博士斧正並提供意見，謹此一併申謝。

引用文獻 (Literature cited)

Allen, C. R., R. S. Lutz, and S. Demarais. 1995. Red imported fire ant impacts on northern bobwhite populations. Eco. Appl. 5:632–638.

Chen, S. P., C. L. Wang, J. Y. Wong, and C. Y. Lin. 2004. Development of the simple bait of control red imported fire ant. TARI Technological service 60:23–25. (in Chinese)

Council of Agriculture (COA). 2007. Standard Operation Procedure of Red Imported Fire Ant. Ver. 3. COA, Executive Yuan. Taipei, Taiwan. 29 pp. (in Chinese)

Davis, T. 2004. Management of the red imported fire ant-theory and practice in the United States. p.109–120. *in* the Proceedings of Symposium on the Control of Red Imported Fire Ant. Sponsored by Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine, Council of Agriculture, Executive Yuan.

Jennings, C, and K. McCubbin. 2004. The national red imported fire ant eradication program overview. p.70–100. *in* the Proceedings of Symposium on the Control of Red Imported Fire Ant. Sponsored by Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine, Council of Agriculture, Executive Yuan.

Lee, K. L., C. F. Yen, H. C. Chou, and K. C. Kuo. 2008. Our country control red imported fire ant measure and effect. Agric. Policy Rev. 191:54–58. (in Chinese)

Nattrass, R. and C. Vanderwoude. 2001. A preliminary investigation of the ecological effects of red imported fire ants (*Solenopsis invicta*) in Brisbane. Ecol. Manage. Res. 2:220–223.

Shih, S. P. 2004. Know the red imported fire ant invading recently. Taoyuan District Agric. Res. Exten. Station 49:21–25. (in Chinese)

Su, Y. C. and K. L. Lee. 2008. The red imported fire ant control the tactics and bait effect to assess. BAPHIQ Quarterly 15:39–42. (in Chinese)

Vinson, S. B. 1997. Invasion of the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) spread, biology, and impact. Am. Entomol. 43:23–39.

United States Environmental Protection Agency (EPA). 1993. R.E.D. Facts: Boric Acid. EPA-738-F-93-006.

United States Government Printing Office (GPO). 2008. Code of Federal Regulations: Imported fire ant. Title 7 CFR Part 301.81.

Evaluation of Borax Bait for Control of Red Imported Fire Ant, *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae)[1]

Yi-Chung Chiu[2,3] and Chin-Ling Wang[2]

Abstract

Chiu, Y. C. and C. L. Wang. 2009. Evaluation of borax bait for control of red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae). J. Taiwan Agric. Res. 58:84–92.

Field experiments were conducted at Datan Power Plant, Guanyin, Taoyuan, Taiwan to determine the effectiveness of Fire Fire-Ants Bait (7.5% borax) for control of the red imported fire ant (RIFA, *Solenopsis invicta* Buren) in Taiwan. Control effect of Esteem® Ant Bait (0.5% pyriproxyfen) plus Fire Fire-Ants Bait (7.5% borax) or Justice® Fire Ant Bait (0.015% Spinosad) on RIFA were compared. The entire tested area was sprayed with the pyriproxyfen bait (2 kg/ha). After four months, the borax bait (3 kg/ha) and spinosad bait (3 kg/ha) were sprayed in each tested area. Throughout the eight-month experimental period, both treatments of pyriproxyfen plus borax and pyriproxyfen plus spinosad showed effective control of RIFA, and the rates of control were over 97.7% based on the number of active nests. When RIFA densities were monitored by the pit-fall trap method the rate of control by borax bait was over 70% after two months, and over 83% after three months, whereas the rate of control by spinosad bait was over 79% after three months. The study shows that the borax bait and spinosad bait have apparent controlling effect on RIFA.

Key words: Red imported fire ant, *Solenopsis invicta*, Ant bait, Borax.

---

1. Contribution No.2353 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: March 17, 2009.
2. Assistant Entomologist and Head and Senior Entomologist, Applied Zoology Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail: ycchiu@tari.gov.tw; Fax: (04)23317600.

水稻抗白葉枯病基因表現蛋白質之多白胺酸重複 (LRR) 的分布及胺基酸組成 [1]

林奕承[2] 呂椿棠[3] 魏夢麗[3] 呂秀英[4,5]

摘 要

林奕承、呂椿棠、魏夢麗、呂秀英。2009。水稻抗白葉枯病基因表現蛋白質之多白胺酸重複 (LRR) 的分布及胺基酸組成。台灣農業研究 58:93–105。

目前已知多白胺酸重複 (leucine-rich repeat, LRR) 為生物體抗病基因蛋白質序列上的特有序列，因此本研究針對水稻所有已定序之 *Xa* 基因，自 NCBI (National Center for Biotechnology Information) 及 KOME (Knowledge-based Oryza Molecular Biological Encyclopedia) 公共資料庫內擷取出它們已知的 CDS (coding domain sequence) 與全長 cDNA 序列，將其轉譯的蛋白質序列利用 Pfam 蛋白質家族資料庫尋找出各 LRR 片段，發現僅在 *Xa1*、*Xa21* 及 *Xa26* 基因之表現蛋白質結構中發現 LRR 存在。進而利用生物資訊與統計方法，進行不同 *Xa* 基因蛋白質之 LRR 序列的分布及胺基酸組成之比較分析。結果顯示，*Xa1* 之 LRR 在蛋白質序列中鬆散分布於 NB-ARC (nucleotide-binding adaptor shared by APAF-1, R proteins, and CED-4) 區域序列之後，而 *Xa21* 及 *Xa26* 之 LRR 則密集分布在 NB-ARC 或 P-kinase (protein-kinase) 區域序列之前。*Xa1* 的蛋白質序列中靠近 NB-ARC 區域序列的前一、二個 LRR 似乎較遠離其他 LRR，但 *Xa21* 和 *Xa26* 的蛋白質之 LRR 區域結構並未有如此現象。三個 *Xa* 基因表現蛋白質之 LRR 序列的胺基酸組成皆以親水性胺基酸為最多且其中以白胺酸 (leucine) 出現頻率最高，其次為不帶電荷之絲胺酸 (serine)。*Xa1* 蛋白質之 LRR 在某些胺基酸的出現頻率相異於 *Xa21* 和 *Xa26*。這些結果有助於了解不同 *Xa* 基因間表現蛋白質中特有 LRR 序列的結構變異情形。

關鍵詞：水稻、*Xa* 基因、白葉枯病、多白胺酸重複、胺基酸組成及屬性。

前 言

水稻白葉枯病 (rice bacterial blight) 是由黃單孢桿菌 (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) 引起的一種細菌性維管束病害，多發生於氣候溫暖、土壤肥沃之水田，尤其當植株受傷更易感染，故於颱風後發病較為嚴重，為世界性主要稻作病害之一。目前雖然已有藥劑針對此病

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2354 號。接受日期：98 年 6 月 26 日。
2. 私立朝陽科技大學生物技術研究所研究生。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 本所作物組助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
4. 本所技術服務組研究員兼組長。台灣 台中縣 霧峰鄉。
5. 通訊作者，電子郵件：iying@tari.gov.tw；傳真機：(04)23325176。

害具有防治效果，但育成抗病品種為解決此病害最有效之方法 (Chang 1995)。而抗病性是由基因控制，因此日本、中國及國際水稻研究所 (IRRI) 等研究單位，皆已積極對水稻抗白葉枯病基因 (*Xa*) 展開研究。在 Oryzabase 資料庫 (http://www.shigen.nig.ac.jp/rice/oryzabase/top.jsp, Kurata & Yamazaki 2006) 中現已登記命名 32 個 *Xa* 基因。其中已知完整序列的有 *Xa1* (Yoshimura *et al.* 1996, 1998; The Rice Chromosome 10 Sequencing Consortium 2003)、*xa5* (Petpisit *et al.* 1977)、*Xa13* (Sanchez *et al.* 1999)、*xa13* (Ogawa *et al.* 1987)、*Xa21* (Song *et al.* 1995)、*Xa26* (Sun *et al.* 2004; Sun *et al.* 2006) 及 *Xa27* (Gu *et al.* 2005) 等七個基因。若能深入瞭解這些已定序之 *Xa* 基因的序列結構，將有利於水稻的分子育種及抗性機制之研究。

植物抗病機制中，有兩套基因系統先後作用，一為抗病基因 (resistant gene, R gene)，二為防衛基因。R 基因能特異性的識別病原菌對應之無毒基因 (*Avr*) 的產物，兩者可直接或間接地相互作用而刺激植物的訊號傳遞系統，最後誘導出植物防衛基因的表達，使植物表現出抗病性，同時 R 基因能不斷進化，可對病原菌不斷突變所產生的生理小種產生抗性 (Wang *et al.* 2002)。植物 R 基因的表現蛋白質結構分為五類 (Baker *et al.* 1997)：(1) 含有核苷酸結合位置 (nucleotide binding sites, NBS) 的細胞質受體類蛋白 (cytoplasmic receptor-like proteins) 和多白胺酸重複 (leucine-rich repeat , LRR) 序列區域，簡稱為 NBS-LRR；(2) 絲胺酸-酥胺酸激酶 (serine-threonine kinase)；(3) 含有大量細胞質外 LRR 區域的穿膜受體 (transmembrane receptor)；(4) 含細胞外 LRR 區域之穿膜受體和細胞內絲胺酸-酥胺酸激酶 (intracellualar serine-threonine kinase) 區域；及 (5) 其他。R 基因的發現，使水稻的抗病機制在分子層次研究上有了突破性的發展，且由於水稻的 *Xa* 基因在演化上的保守性與差異性，揭示出 *Xa* 基因可能存在較複雜的分子機制 (Guo *et al.* 2005)。已知 *Xa1* 為上述第一類 R 基因，蛋白質結構特徵屬 CC-NBS-LRR (coiled-coil-NBS-LRR) 類蛋白，其中 LRR 結構域是由 6 個高度保守的 93 個胺基酸的重複單元所組成；而 *Xa21* 和 *Xa26* 為第四類 R 基因，是一種膜蛋白，其特徵是包含一個胞外 LRR 結構域及一個穿膜區和胞內激酶域；至於 *xa5*、*xa13*、*Xa13* 及 *Xa27* 之抗病防禦系統的生化途徑異於前四類 R 基因，其表現蛋白質結構尚未清楚，目前被歸於其他之第五類 R 基因 (Jones & Jones 1997; Yoshimura *et al.* 1998; Khush & Angeles 1999; Dangl & Jones 2001; Anjali & McCouch 2004; Gu *et al*. 2005; Sun *et al*. 2006)。

許多 R 基因已被選殖出來並且定義其特性，發現在 R 基因的表現蛋白質結構上大多具有多白胺酸重複 (leucine-rich repeat, LRR) 序列的共同結構單元 (Dangl & Jones 2001)。已有很多研究顯示 LRR 與生物體的生長發育、抗蟲及抗病的表現有關 (Jones & Jones 1997; Zhang 1998)。LRR 具有多種的結構和功能表現，其結構區域主要傳導蛋白質與蛋白質之間的相互作用，而 LRR 的一級結構，由高度保守的 20–29 個胺基酸所組成，是由一個 α-helix (xaxx±a±±±±a±±x±±) 和一個 β-sheet (LxxLxLxxN/CxL) 通過 loop 環接形成一個非球形的馬蹄形分子結構 (附錄 1)，其中 x 為任何一種胺基酸，a 代表脂肪族胺基酸 (aliphatic amino acid)，± 表示該位置可能出現插入 (+) 或缺失 (-)，L 表示白胺酸 (leucine)、N 為天門冬胺酸 (aspartic acid)、C 為半胱胺酸 (cysteine) (Kobe & Deisenhofer 1995, 1996)。在水稻 *Xa* 基因蛋白質結構也發現與 LRR 有密切關係存在 (Song *et al.* 1995; Yoshimura *et al*. 1996; Baker *et al*. 1997; Song e*t al*. 1997; Sun *et al.* 2004, 2006; Gu *et al*. 2005; Wang 2006)。

為了解不同 *Xa* 基因表現蛋白質之 LRR 序列區域結構的變異形式，因此本研究首先自網站上各公共資料庫蒐集 *Xa* 基因相關之蛋白質序列，從中找出 LRR 片段後，探討各 *Xa* 基因蛋白質序列中 LRR 的位置分布差異性及胺基酸偏好性。

材料與方法

Xa 基因蛋白質序列的蒐集

本研究首先根據 Oryzabase 資料庫內已定義的 7 個 *Xa* 基因 (*Xa1*、*Xa5*、*Xa13*、*xa13*、*Xa21*、*Xa26* 及 *Xa27*) 的基因符號，到 NCBI (National Center for Biotechnology Information, http://www.ncbi.nlm.nih.gov/, Yoshimura *et al.* 1998) 資料庫中搜尋及下載它們的編碼區序列 (coding domain sequence, CDS) 及蛋白質序列。如果在 NCBI 中尚未登錄有這些 *Xa* 基因的蛋白質序列，則再利用 BioEdit 生物資訊軟體 (Biological Sequence Alignment Editor for Win 95/98/NT/2K/XP, 7.0.5.2 版, http://www.mbio.ncsu.edu/BioEdit/bioedit.html, Hall 2001)，將其 CDS 轉譯成蛋白質序列。

接著，另從 KOME (Knowledge-based Oryza Molecular Biological Encyclopedia, http://cdna01.dna.affrc.go.jp/cDNA/, Kikuchi *et al.* 2003) 資料庫中，以水稻白葉枯病學名"*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*"及其俗名"bacterial blight"進行交叉搜尋，經逐一檢視含此字義之序列登錄號 (accession no.)，再以此登錄號連結至 NCBI 資料庫，以找出 *Xa* 基因的全長互補 DNA (full length-complementary DNA, FL-cDNA) 及其經由最長讀取框架 (longest open reading frame, longest ORF) 所轉譯的蛋白質序列。

最後將上述各 *Xa* 基因的蛋白質序列儲存成 FASTA 格式，以供進行後續各項分析。

Xa 基因蛋白質之 LRR 序列片段的搜尋及其分布

Pfam (http://pfam.janelia.org/, Finn *et al.* 2006) 是利用 Swissprot 50.0 和 SP-TrEMBL 33.0 蛋白質序列資料庫內容，依據多序列排比 (multiple sequence alignment) 與隱匿馬可夫模型 (hidden Markov model, HMM) 所建構而成的蛋白質家族資料庫，儲存有關的蛋白質結構、多序列排比、蛋白質結構域 (protein structure domain) 等資訊，且能進行蛋白質結構預測。至 2008 年 7 月止，第 23 版的 Pfam 資料庫總共蒐集了 10,340 個蛋白質家族。於是本研究將所蒐集之 *Xa* 基因蛋白質序列，個別輸入 Pfam 網站查詢畫面，使用其內設的 Global & local (merged) 及 E-value = 1.0 二種條件進行查詢，以搜尋 *Xa* 基因蛋白質序列中的蛋白質結構域，藉此找出符合 LRR 結構的序列片段。然後，根據 Pfam 所顯示的 LRR 在蛋白質序列上的位置，利用 AutoCAD 繪圖軟體畫出其分布狀況，並將不同 *Xa* 基因結果並列，以比較不同 *Xa* 基因之蛋白質序列中各 LRR 片段的位置分布。

Xa 基因蛋白質之 LRR 序列的胺基酸組成分析

胺基酸組成比例：由於所搜集的各 *Xa* 基因之蛋白質序列不只一條 (分別來自於 NCBI 和 KOME 資料庫)，因此首先計算不同 *Xa* 基因蛋白質各來源序列中 LRR 的胺基酸組成比例 (%)，進而求得各基因蛋白質之 LRR 的胺基酸組成之平均比例和變異，再利用 Excel 軟體繪製雷達圖來呈現各 *Xa* 基因間表現蛋白質之 LRR 的胺基酸組成差異性。

胺基酸屬性含量：根據胺基酸的支鏈性質 (Mathews *et al.* 2000)，將 20 種胺基酸區分為極性 (polar) 與非極性 (non-polar)，即分別為親水性 (hydrophile) 與疏水性 (hydrophobic) 胺基酸。非極性胺基酸有丙胺酸 (alanine, Ala)、苯丙胺酸 (phenylalanine, Phe)、異白胺酸 (isoleucine, Ile)、白胺酸 (leucine, Leu)、甲硫胺

酸 (methionine, Met)、脯胺酸 (proline, Pro)、纈胺酸 (valine, Val) 及色胺酸 (tryptophan, Trp)；極性胺基酸依其帶電與否，又分為帶正電荷 (positively charged) (即鹼性)、帶負電荷 (negatively charged) (即酸性) 與不帶電荷 (uncharged) (即中性)：不帶電荷胺基酸有胱胺酸 (cysteine, Cys)、甘胺酸 (glycine, Gly)、天冬醯胺酸 (asparagine, Asn)、麩醯胺酸 (glutamine, Gln)、絲胺酸 (serine, Ser)、酥胺酸 (threonine, Thr) 及酪胺酸 (tyrosine, Tyr)，帶正電荷胺基酸有組胺酸 (histidine, His)、離胺酸 (lysine, Lys)、精胺酸 (arginine, Arg)，帶負電荷胺基酸有天冬胺酸 (aspartic acid, Asp) 及麩胺酸 (glutamic acid, Glu)。首先計算不同 *Xa* 基因蛋白質各來源序列之 LRR 的不同屬性胺基酸所佔比例和變異，然後進行其在基因間的差異顯著性測驗。

結　果

Xa 基因蛋白質序列的蒐集結果

本研究透過 NCBI 搜尋到七個已被定序的 *Xa* 基因之相關資訊，整理如表 1，這些基因的來源包含有印度型水稻 (*Oryza sativa indica* caltivar-group)、日本型水稻 (*japonica*)、長花藥野生稻 (*Oryza longistaminata*)。目前在 NCBI 的 *Xa1* 有分別於 1999 及 2004 年登錄之位於第 4 及第 10 條染色體上的兩條序列，本研究各以 *Xa1_1999* 及 *Xa1_2004* 代號表示；*xa5*、*xa13*、*Xa13* 及 *Xa27* 各一條序列，分別位於第 5、8、8 及 6 條染色體上，其中 *xa5* 和 *xa13* 為隱性基因；*Xa21* 位於第 11 條染色體上，含 *Xa21-A1*、*Xa21-A2*、*Xa21-B*、*Xa21-C*、*Xa21-D*、*Xa21-E* 及 *Xa21-F* 共七個基因家族；*Xa26* 也在第 11 條染色體上，含 *Xa26-MRKa*、*Xa26-MRKb*、*Xa26-MRKc* 及 *Xa26-MRKd* 四個基因家族，其 DNA 序列儲存在 NCBI 資料庫的登錄號皆為 DQ355952，但長度不同，本研究各以 *Xa26-A*、*Xa26-B*、*Xa26-C*、*Xa26-D* 簡稱之。由於 *Xa21-A2*、*Xa21-C*、*Xa21-F* 及 *Xa26-D* 在 NCBI 中尚未登錄有完整的蛋白質序列，故本研究另外利用 BioEdit 軟體將此四條 CDS 轉譯成蛋白質序列。除了 *xa5*、*xa13*、*Xa13* 及 *Xa27* 基因之蛋白質序列長度小於 500 外，其餘 *Xa* 基因之蛋白質序列介於 612–1820 間 (表 1)。

接著，透過 KOME 連結至 NCBI 資料庫共搜尋到 11 條 FL-cDNA 序列，這些序列中皆含有 *Xa* 基因的蛋白質序列，相關資訊整理如表 2，*Xa1*、*Xa21* 及 *Xa26* 基因各找到 9、1 及 1 條序列，但沒有找到其他 *Xa* 基因之 FL-cDNA 序列。由於這些序列與表 1 序列所處的染色體位置不同，並分屬於不同染色體上 (表 2)，因此本研究根據它們所在的染色體代號來命名這些來源序列，若同一染色體上有二個以上不同序列，則再根據 NCBI 登錄號大小於染色體代號後加上不同小寫字母，例如 *Xa1-2a*、*Xa1-2b* 各代表 *Xa1* 基因在第 2 條染色體上的第一、二條 FL-cDNA 序列。其中 *Xa1* 基因的 *Xa1-4a* 和 *Xa1-4b* 與 NCBI 之 *Xa1_1999* 都位於第 4 條染色體上 (表 1、2)，利用 NCBI 的兩序列排比工具 blast2 (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast/bl2seq/wblast2.cgi) 兩兩排比結果，發現 *Xa1-4b* 與 *Xa1_1999* 並不相似 (no significant similarity)，但 *Xa1-4a* 之 4–1101 bp 序列區域與 *Xa1_1999* 之 4312–5409 bp 範圍內的序列一致性比值 (identities) 高達 1035/1098 (94%)，此有待後續 Pfam 資料庫搜尋 LRR 結果，倘 LRR 位置分布一致時，才能確認它們是相同序列。這些 *Xa* 基因 FL-cDNA 序列的來源包含印度型及日本型水稻，其經由最長讀取框架轉譯的蛋白質序列之長度在 366–1575 之間 (表 2)。

Xa 基因蛋白質之 LRR 序列片段的搜尋結果及其分布情形

將上述找到的 28 條不同 *Xa* 基因來源之蛋白質序列，透過 Pfam 資料庫搜尋結果，僅

表 1. 已知序列之水稻 *Xa* 基因相關資訊

Table 1. Information of rice *Xa* genes with known sequences [z]

Label	Gene symbol	Chr. no.	Submitted year	Accession no. in NCBI	Definition	Gene length	CDS [y] Location	CDS [y] Length	Protein sequence Accession no.	Protein sequence Length
Xa1_1999	*Xa1*	4	1999	AB002266	*Oryza sativa* (*indica* cultivar-group) mRNA for *Xa1*	5910	113..5521	5409	BAA25068	1802
Xa1_2004	*Xa1*	10	2004	NM_194685	*Oryza sativa* (*japonica* cultivar-group)putative bacterial blight resistance protein X*a1*-like protein, mRNA	4206	1..4206	4206	NP_919667	1401
xa5	*xa5*	5	2004	AY643716	*Oryza sativa (indica* cultivar-group)1 ranscripttion factor IIA gamma subunit (TFIIAy) mRNA, partial cds.	318	1..318	318	AAV53715	106
xa13	*xa13*	8	2006	DQ421394	*Oryza sativa (indica* cultivar-group) cultivar IRBB13 disease resistant allele *xa13* (x*a13*) gene, complete cds.	924	1..924	924	ABD78942	307
Xa13	*Xa13*	8	2006	DQ421395	*Oryza sativa (indica* cultivar-group) cultivar IR64 disease resistant allele *XA13* (X*a13*) gene, complete cds.	924	1..924	924	ABD78943	307
Xa21-A1	*Xa21*	11	1997	U72725	*Oryza longistaminata* receptor kinase-like protein gene	8416	4771..7384,7676..8052	2991	AAB82755	996
Xa21-A2	*Xa21*	11	1998	U72727	*Oryza longistaminata* receptor kinase-like protein, pseudogene sequence	5940	2151..4764,4872..5248	2991	-	996 [x]
Xa21-B	*Xa21*	11	1995	U37133	*Oryza sativa* (*indica* cultivar-group*)*receptor kinase-like protein gene	3921	1..2677,3521..3921	3078	AAC49123	1025
Xa21-C	*Xa21*	11	1998	U72723	*Oryza longistaminata* receptor kinase-like protein gene, pseudogene	19639	15118..17720, 17827..18201	2978	-	991 [x]
Xa21-D	*Xa21*	11	1997	U72726	*Oryza longistaminata* receptor kinase-like protein	13341	2367..4205	1839	AAB82753	612
Xa21-E	*Xa21*	11	1997	U72724	*Oryza sativa*(*indica* cultivar-group) receptor kinase-like protein gene	9424	2819..5260	2442	AAB82756	813
Xa21-F	*Xa21*	11	2005	U72728	*Oryza longistaminata* receptor-like kinase protein, pseudogene sequence	7204	1683..4352,5147..5547	3071	-	1023 [x]
Xa26-A	*Xa26*	11	2006	DQ355952	*Oryza sativa* (*indica* cultivar-group) receptor kinase MRKa	3401	14225..17135, 17240..17625	3297	ABD36511	1098
Xa26-B	*Xa26*	11	2006	DQ355952	*Oryza sativa* (*indica* cultivar-group) bacterial blight resistance protein *Xa26*	3631	21725..24659, 24765..25141	3312	ABD36512	1103
Xa26-C	*Xa26*	11	2006	DQ355952	*Oryza sativa* (*indica* cultivar-group) receptor kinase MRKc	3456	34496..34911, 35026..37951	3342	ABD36513	1113
Xa26-D	*Xa26*	11	2006	DQ355952	*Oryza sativa* (*indica* cultivar-group) cultivar Minghui 63 receptor kinase pseudogene	11396	2021..3423,9305..10839, 13028..13416	3327	-	1108 [x]
Xa27	*Xa27*	6	2005	AY986491	*Oryza sativa* (*indica* cultivar-group) *Xa27* gene, *Xa27*-IR24 allele	2393	1590..1931	342	AAY54163	113

[z] Source: Oryzabase and NCBI databases, searched from Feb. 29, 2008.
[y] CDS: coding domain sequence.
[x] Protein sequence translated from CDS using BioEdit software.

表 2. 水稻 *Xa* 基因全長 cDNA 序列相關資訊

Table 2. Information of rice *Xa* genes with full-length cDNA sequence [z]

Label	Chr. no.	Accession no.	Nucleotide analysis: GenBank hit (by BLASTN)	Nucleotide analysis: Genome annotation (from GenBank hit)	cDNA length	Longest ORF [y]	Amino acid analysis: PIR (by BLASTX)	Amino acid analysis: Length
Xa1-2a	2	AK073576	*Oryza sativa* (japonica cultivar-group) cDNA clone:J033046M12, full insert sequence	*Oryza sativa* (japonica cultivar-group) genomic DNA, chromosome 2, BAC clone: OSJNBa0011J03.	4511	1190..4294	bacterial blight-resistance protein *Xa1*-rice	1034
Xa1-2b	2	AK242786	*Oryza sativa* (japonica cultivar-group) genomic DNA, chromosome 2, complete sequence	AP004084 *Oryza sativa* (japonica cultivar-group) genomic DNA, chromosome 2, BAC clone: OJ1217_F02.	3642	701..2644	bacterial blight-resistance protein *Xa1*-rice	647
Xa1-4a	4	AK105096	*Oryza sativa* (japonica cultivar-group) cDNA clone:001-100-B05, full insert sequence	—	1873	413..1513	bacterial blight-resistance protein *Xa1*-rice	366
Xa1-4b	4	AK241237	*Oryza sativa* (japonica cultivar-group) genomic DNA, chromosome 4, complete sequence	OSJN00106 *Oryza sativa* genomic DNA, chromosome 4, BAC clone: OSJNBb0060E08, complete sequence.	2943	254..2866	bacterial blight-resistance protein *Xa1*-rice	870
Xa1-6	6	AK100253	*Oryza sativa* (japonica cultivar-group) cDNA clone:J023061C20, full insert sequence	*Oryza sativa* (japonica cultivar-group) genomic DNA, chromosome 6, PAC clone:P0621D05.	2552	202..1392	bacterial blight-resistance protein *Xa1*-rice	396
Xa1-8a	8	AK066438	*Oryza sativa* (japonica cultivar-group) cDNA clone:J013067B14, full insert sequence	*Oryza sativa* (japonica cultivar-group) genomic DNA, chromosome 8, BAC clone: OJ1212_C09.	3385	218..2998	bacterial blight-resistance protein *Xa1*-rice	926
Xa1-8b	8	AK121298	*Oryza sativa* (japonica cultivar-group) cDNA clone:J023110L09, full insert sequence	*Oryza sativa* (japonica cultivar-group) genomic DNA, chromosome 8, PAC clone:P0024C06.	5161	158..4885	bacterial blight-resistance protein *Xa1*-rice	1575
Xa1-11	11	AK106715	*Oryza sativa* genomic DNA, chromosome 4, BAC clone: OSJNBb0085C12, complete sequence.	*Oryza sativa* genomic DNA, chromosome 4, BAC clone: OSJNBb0085C12, complete sequence.	2202	46..1200	bacterial blight-resistance protein *Xa1* - rice	384
Xa1-12	12	AK065947	*Oryza sativa* (japonica cultivar-group) cDNA clone:J013047A22, full insert sequence	*Oryza sativa* chromosome 12, . BAC OSJNBa0035B12 of library OSJNBa from chromosome 12 of cultivar Nipponbare of ssp. japonica of Oryza *sativa* (rice), complete sequence.	4851	473..4288	bacterial blight-resistance protein *Xa1*-rice	1271
Xa21-1	1	AK072480	*Oryza sativa* (japonica cultivar-group) cDNA clone:J023126F05, full insert sequence	*Oryza sativa* (japonica cultivar-group) genomic DNA, chromosome 1, PAC clone:P0431H09.	3828	1250..3343	protein kinase *Xa21* (EC 2.7.1.-) A1, receptor type-long-staminate rice	697
Xa26-11	11	AK241618	*Oryza sativa* (japonica cultivar-group) chromosome 11 clone OSJNBa0004O15 map near R3342S, complete sequence	AY364476 *Oryza sativa* (indica cultivar-group) bacterial blight resistance protein (*Xa26*) gene, complete cds.	3617	45..1760	protein kinase *Xa21* (EC 2.7.1.-) A1, receptor type - long-staminate rice	571

[z] Source: KOME databases, searched from Feb. 29, 2008.
[y] ORF: open reading frame.

Xa1、*Xa21*、*Xa26* 三個基因找到 LRR 序列區域，而 *xa5*、*Xa13*、*xa13*、*Xa27* 則完全沒有。根據 Pfam 資料庫搜尋結果，整理出 *Xa1*、*Xa21*、*Xa26* 基因各來源序列之 LRR 的數量及其在蛋白質序列上的位置，如圖 1 所示。由於 *Xa1-4a* 與 *Xa1_1999* 經 blast2 排比結果相似度很高 (如前節所述)，而在圖 1 也發現兩者的 LRR 分布完全相同，因此確認 *Xa1-4a* 應是 *Xa1_1999* 的部份片段，即屬相同序列。於是 *Xa1-4a* 序列在後續統計分析時將不予納入，亦即本研究用以分析的 *Xa1*、*Xa21* 及 *Xa26* 三個基因的來源序列分別有 10、8 及 4 條。

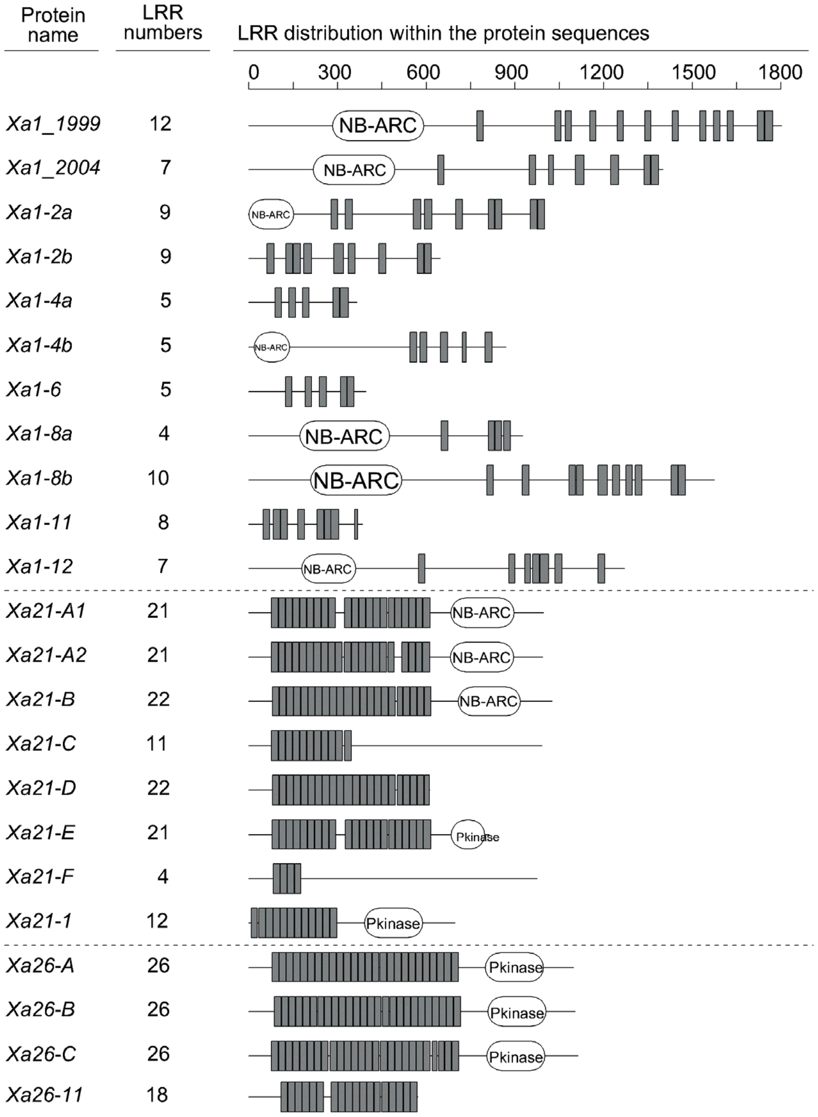


圖 1. *Xa* 蛋白質序列之 LRR 位置分布圖。▌ : LRR。.

Fig. 1. Distribution of leucine-rich repeat (LRR) in the protein sequences of rice *Xa* genes. ▌ : LRR.

在這些來源序列中，可發現 *Xa1* 在蛋白質序列上的 LRR 數量都較少 (4–12 條)，而 *Xa21* 與 *Xa26* 的 LRR 數量則相對較多 (除 *Xa21-F* 僅有 4 條外)，在 11–26 條之間 (圖 1)。三個 *Xa* 基因的 LRR 序列之平均長度相近，約 23–24 個胺基酸，其中雖然 *Xa1* 之 LRR 的長度變異性較大，範圍在 11–33 個胺基酸之間，但出現頻率最多的 LRR 長度也是 24 個胺基酸，與其他兩個 *Xa* 基因表現蛋白質之 LRR 長度相當 (表 3)。

三個 *Xa* 基因蛋白質之 LRR 的分布有很大的差異：*Xa1* 之 LRR 在蛋白質序列上的分布較疏鬆分散 (圖 1)，其間距的變異程度甚大，最大距離可達 289 個胺基酸，但最短距離僅 1 個胺基酸，平均距離為 55.6 ± 63.7 個胺基酸 (表 3)；而 *Xa21* 與 *Xa26* 之 LRR 在蛋白質序列中的分布則緊密集中 (圖 1)，平均距離分別為 3.0 ± 4.4 及 2.6 ± 2.8 個胺基酸，該兩基因之 LRR 序列的間距差異不大 (表 3)。此外，*Xa*1 之 LRR 片段大多位於 NB-ARC (nucleotide-binding adaptor shared by APAF-1, R proteins, and CED-4) 區域序列之後，而 *Xa21* 與 *Xa26* 之 LRR 則在 NB-ARC 或 P-kinase (protein-kinase) 區域序列之前 (圖 1)。*Xa1* 的蛋白質序列中靠近 NB-ARC 區域序列的前一個或兩個 LRR 似乎遠離於其他 LRR，但 *Xa21* 和 *Xa26* 的蛋白質之 LRR 區域結構並未有如此現象 (圖 1)。

Xa 基因蛋白質之 LRR 序列的胺基酸組成分析結果

各 *Xa* 基因蛋白質之 LRR 序列的胺基酸組成，如圖 2 所示，可明顯看出皆以 Leu 含量最多且 Ser 次之，但 Cys、Glu、Lys 和 Pro 所佔比例以 *Xa1* 較 *Xa21* 及 *Xa26* 稍多，而 Gly、Ile 和 Asn 所佔比例以 *Xa1* 少於 *Xa21* 及 *Xa26*。

顯著性測驗結果，LRR 序列之疏水性胺基酸以比較各 *Xa* 基因蛋白質之 LRR 序列的胺基酸屬性含量，顯示皆以親水性之不帶電胺基酸最多，其次是疏水性胺基酸 (圖 3)。由於各屬性胺基酸的含量均符合常態分布，因此經統計 *Xa21* 和 *Xa26* 顯著多於 *Xa1*，而不帶電胺基酸以 *Xa1* 和 *Xa26* 顯著較 *Xa21* 多，帶正電與帶負電胺基酸則以 *Xa1* 顯著多於 *Xa21* 和 *Xa26*。

討　論

檢視表 1 與表 2 之序列的定義內容，表 1 皆為已被定序完成的 *Xa* 基因，而表 2 則屬於 FL-cDNA 序列且當中皆含有與 *Xa* 基因有關的蛋白質序列，唯目前尚查無文獻以確認這些有相同基因符號但位於不同染色體之序列，是否屬於同一個基因。由於已知 *Xa* 基因中存在 R 基因結構，本研究也於 11 條 FL-cDNA 序列中發現含有此種結構，因此將這些序列合併以擴大分析之序列內容，希望能從中更瞭解與 *Xa* 基因有關的抗病性序列結構。

表 3. *Xa* 基因之蛋白質序列之 LRR 的長度與間距

Table 3. Length and distance of leucine-rich repeat (LRR) in protein sequences of rice *Xa* genes

	Length				Distance			
Gene	Mean ± sd [z]	Minimum	Maximum	Mode [y]	Mean ± sd	Minimum	Maximum	Mode
Xa1	23.6 ± 3.0	11	33	24	55.6 ± 63.7	1	289	2
Xa21	23.0 ± 1.2	17	29	23	3.0 ± 4.4	2	32	2
Xa26	23.0 ± 0.8	18	24	23	2.6 ± 2.8	2	27	2

[z] sd: standard deviation.
[y] mode: the value that occurs the most frequently in a data set.

已知 *Xa1* 屬於第一類 R 基因 (Dangl & Jones 2001)，其基因產物的結構為 CC-NBS-LRR 類蛋白，不同於其他 NB-LRR 抗病蛋白質的結構特徵 (Jones & Jones 1997)。*Xa21* 與 *Xa26* 同屬於第四類 R 基因 (Dangl & Jones 2001)，它的基因產物是一種膜蛋白，其特徵是包含一個胞外 LRR 結構域及一個穿膜區和胞內激酶域 (Jones & Jones 1997)。從本研究結果發現，在 *Xa1*、*Xa21* 和 *Xa26* 的蛋白質之 LRR 結構域中每一個 LRR 的長度未必相等，最多由 23–24 個胺基酸所組成，而 *Xa1* 的 LRR 長度之變異性遠大於 *Xa21* 和 *Xa26*。此外，第一類 R 基因的 *Xa1* 之 LRR 在蛋白質序列中的分布呈現疏鬆分散，而 *Xa21* 和 *Xa26* 的蛋白質之 LRR 則分布緊密集中；同時也發現，*Xa1* 的蛋白質之 LRR 片段大多位於 NB-ARC 區域序列之後，而 *Xa21* 與 *Xa26* 的蛋白質之 LRR 則在 NB-ARC 或 P-kinase 區域序列之前；*Xa1* 在其蛋白質序列中靠近 NB-ARC 區域序列的 LRR 明顯遠離其他 LRR，但在 *Xa21* 和 *Xa26* 的蛋白質序列上並無發現此現象。由此顯示，就 LRR 序列的長度及位置分布而言，不同 R 基因類別的 *Xa* 基因存在相當的差異性，而同一 R 基因類別的 *Xa21* 和 *Xa26* 則無明顯差異，此等發現有助於初步了解這些已定序 *Xa* 基因間特有 LRR 序列之結構的變異情形。根據 Belkhadir *et al*. (2004) 的研究推測，胞內 LRR 結構域的不同位置 LRR 可能具有不同的功能；靠近胺基端 (N-terminal) 的 LRR 可能具有與胞內因子互相作用而刺激調節的功能，而位於羧酸端 (C-terminal) 的 LRR 可能參與與病原蛋白的識別。因此未來值得針對特定位置的 LRR 之結構特性再深入研究。

蛋白質的一級構造是蛋白質最終構成的根本，各級構造的訊息都決定於胺基酸的序列，即蛋白質摺疊所含之訊息揭示在其胺基酸殘基的線性序列中 (Shi *et al.* 2005) ，而胺基酸的分

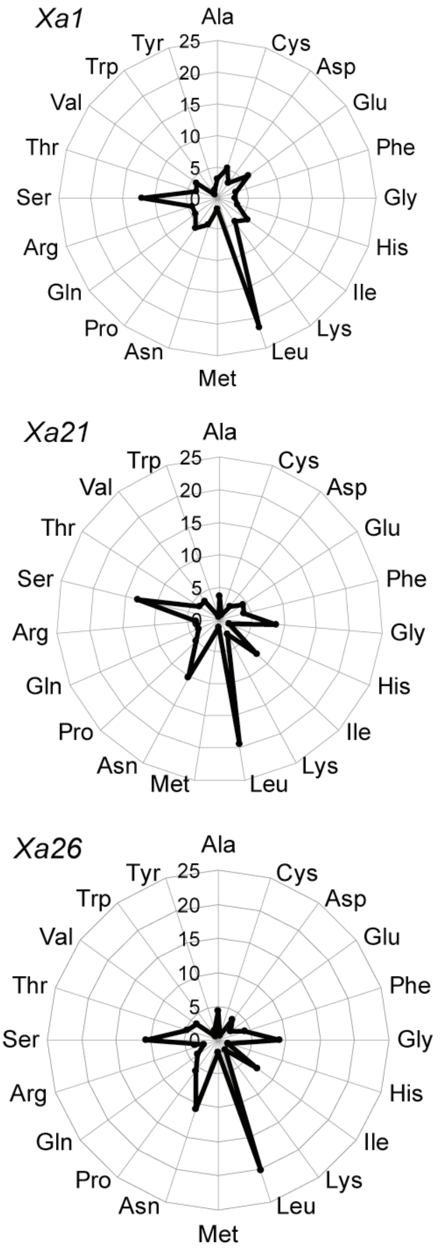


圖 2. *Xa* 基因蛋白質序列之 LRR 的胺基酸組成差異的雷達圖。

Fig. 2. Polar plots showing the compositional differences among amino acids of leucine-rich repeat (LRR) in protein sequences of rice *Xa1* (top), *Xa21* (middle) and *Xa26* (bottom) genes.

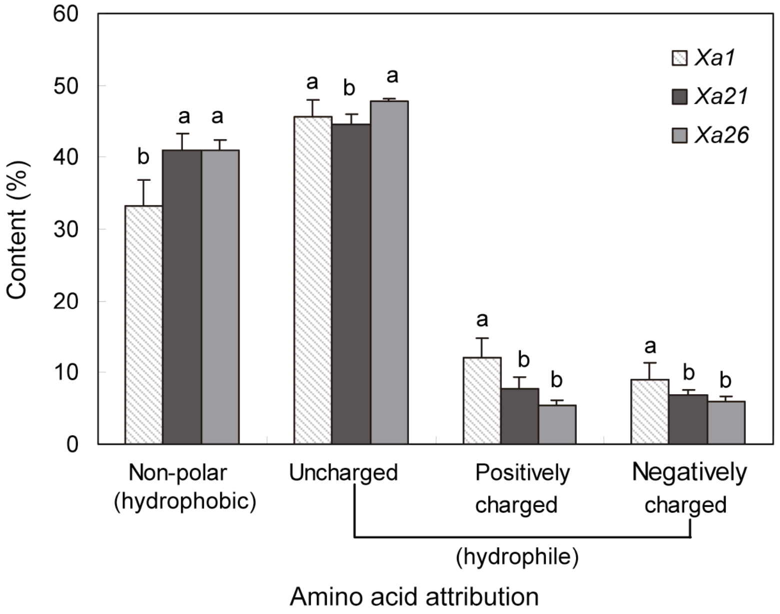


圖 3. *Xa* 基因蛋白質序列之 LRR 的胺基酸屬性含量。數值以平均值±標準差表達。各平均值上示以相同字母者為 5%水準下經 LSD 測驗未達顯著差異。

Fig. 3. Contents of amino acid attributes of leucine-rich repeat (LRR) in protein sequences of rice *Xa1*, *Xa21* and *Xa26* genes. Data are expressed as mean ± standard deviation. Means within each attribute followed by the same letters among genes are not significantly different at 5% level by LSD test.

類和序列中應含有蛋白質二級結構的訊息 (Wang & Wang 1999)。三個 *Xa* 基因之蛋白質序列 LRR 皆以親水性胺基酸含量較多且其中以 Leu 出現頻率最高，這是因為它們皆屬於 LRR 序列區域結構 (Song *et al.* 1995; Yoshimura *et al.* 1998; Sun *et al.* 2006)。由於 *Xa21* 和 *Xa26* 的抗病機制中含有細胞外 LRR 區域之穿膜受體和細胞內絲胺酸-酥胺酸激酶區域 (Song *et al.* 1995; Sun *et al.* 2006)，因此發現這兩個 *Xa* 基因之蛋白質 LRR 序列中不帶電之疏水性胺基酸的 Ser 也較多，而 *Xa1* 也含有多量的 Ser。20 種胺基酸出現在 LRR 序列中之頻率，僅 *Xa1* 的 Cys、Glu、Lys 和 Pro 所佔比例較 *Xa21* 和 *Xa26* 稍多，而 *Xa1* 的 Gly、Ile 和 Asn 所佔比例較 *Xa21* 和 *Xa26* 為少。由此得知，分屬於不同類別 R 基因的 *Xa* 之表現蛋白質 LRR 序列的胺基酸組成有其特定的偏好模式。蛋白質中的胺基酸組成隱藏著許多訊息，其胺基酸之同義密碼子特性會因不同物種或物種內不同基因而異，因此蛋白質的胺基酸密碼子之偏好性分析亦成為生物資訊研究的重要探討領域。未來將繼續針對這些 *Xa* 基因之 LRR 序列的密碼子偏好性、高頻密碼子確定及一致序列尋找等相關課題，深入探討，以釐清不同 *Xa* 基因在其表現蛋白質之 LRR 序列區域結構的差異性。

誌 謝

本研究承蒙行政院農業委員會農業生物技術國家型科技計畫 [計畫編號：94 農科-5.2.1-農-C1(8)] 及國家科學委員會 (計畫編號：NSC95-2317-B-055-004) 補助經費，特致謝忱。

引用文獻 (Literature cited)

Anjali, S. I. and S. R. McCouch. 2004. The rice bacterial blight resistance gene *xa5* encodes a novel form of disease resistance. Mol. Plant-Microbe Interact. 17:1348–1354.

Baker, B., P. Zambryski, B. Staskawicz, and S. P. Dinesh-Kumar. 1997. Signaling in plant-microbe interactions. Science 276:726–733.

Belkhadir, Y., R. Subramaniam, and J. L. Dangl. 2004. Plant disease resistance protein signaling: NBS-LRR proteins and their partners. Curr. Opin. Plant Biol. 7:391–399.

Chang, S. J. 1995. Physiological and Genetical Studies on Bacterial Blight (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) Resistance in Rice (*Oryza sativa* L.). Doctor Dissertation. Graduate Institute of Agronary. NCHU. Taichung. 172 pp. (in Chinese with English abstract)

Dangl, J. L. and J. D. Jones. 2001. Plant pathogens and integrated defense responses to infection. Nature 411:826–833.

Finn, R. D., J. Mistry, B. Schuster-Böckler, S. Griffiths-Jones, V. Hollich, T. Lassmann, S. Moxon, M. Marshall, A. Khanna, R. Durbin, S. R. Eddy, Erik L. L. Sonnhammer, and A. Bateman. 2006. Pfam: clans, web tools and services. Nucleic Acids Res. 34:D247–251.

Gu, K., B. Yang, D. Tian, L. Wu, D. Wang, C. Sreekala, F. Yang, Z. Chu, G. L. Wang, F. F. White, and Z. Yin. 2005. R gene expression induced by a type-III effector triggers disease resistance in rice. Nature 435:1122–1125.

Hall, T. 2001. BioEdit Version 5.0.6. North Carolina State Univ. 192 pp.

Jones, D. A. and J. D. G. Jones. 1997. The role of leucine-rich repeat proteins in plant defences. Adv. Bot. Res. 24:89–167.

Khush, G. S. and E. R. Angles. 1999. A new gene for resistance to race 6 of bacterial blight in rice, *Oryzae satival* L. Rice Genet. Newslet. 16:92–93.

Kikuchi, S., K. Satoh, T. Nagata, N. Kawagashira, K. Doi, N. Kishimoto, J. Yazaki, M. Ishikawa, H. Yamada, H. Ooka, I. Hotta, K. Kojima, T. Namiki, E. Ohneda, W. Yahagi, K. Suzuki, C. J. Li, K. Ohtsuki, T. Shishiki, Y. Otomo, K. Murakami, Y. Iida, S. Sugano, T. Fujimura, Y. Suzuki, Y. Tsunoda, T. Kurosaki, T. Kodama, H. Masuda, M. Kobayashi, Q. Xie, M. Lu, R. Narikawa, A. Sugiyama, K. Mizuno, S. Yokomizo, J. Niikura, R. Ikeda, J. Ishibiki, M. Kawamata, A. Yoshimura, J. Miura, T. Kusumegi, M. Oka, R. Ryu, M. Ueda, K. Matsubara, J. Kawai, P. Carninci, J. Adachi, K. Aizawa, T. Arakawa, S. Fukuda, A. Hara, W. Hashidume, N. Hayatsu, K. Imotani, Y. Ishii, M. Itoh, I. Kagawa, S. Kondo, H. Konno, A. Miyazaki, N. Osato, Y. Ota, R. Saito, D. Sasaki, K. Sato, K. Shibata, A. Shinagawa, T. Shiraki, M. Yoshino, and Y. Hayashizaki. 2003. Collection, mapping, and annotation of over 28000 cDNA clones from japonica rice. Science 301:376–379.

Kobe, B. and J. Deisenhofer. 1995. Proteins with leucine-rich repeats. Curr. Opin. Struct. Biol. 5:409–416.

Kurata, N. and Y. Yamazaki. 2006. Oryzabase. An integrated biological and genome information database for rice. Plant Physiol. 140:12–17.

Mathews, C. K., K. E. van Holde, K. G. Ahern. 2000. Biochemistry. 3rd ed. Addison-Wesley Inc., USA. 1200 pp.

Ogawa, T., L. Lin, R. E. Tabien, and G. S. Khush. 1987. A new recessive gene for resistance to bacterial blight of rice. Rice Genet. Newsl. 4:98–100.

Petpisit, V., G. S. Khush, and H. E. Kauffman. 1977. Inheritance of resistance to bacterial blight in rice. Crop Sci. 17:551–564.

Sanchez, A. C., L. L. Ilag, D. Yang, D. S. Brar, F. Ausubel, G. S. Khush, M. Yano, T. Sasaki, Z. Li, and N. Huang. 1999. Genetic and physical mapping of *xa13*, a recessive bacterial blight resistance gene in rice. Theor. Apple. Genet. 98:1022–1028.

Shi, X. H., X. R. Liu, L. Luo, W. B. Liu, and J. Xu. 2005. A research of amino acid order based on amino acid classification. J. Biomath. 20:491–495.

Song, W. Y., G. L. Wang, L. L. Chen, H. S. Kim, L. Y. Pi, T. Holsten, J. Gardner, B. Wang, W. X. Zhai, L. H. Zhu, C. Frauquet, and P. Ronald. 1995. A receptor kinase-like protein encoded by the rice disease resistance gene, *Xa21*. Science 270:1804–1806.

Song, W. Y., L. Y. Pi, G. L. Wang, J. Gardner, T. Holsten, and P. C. Ronald. 1997. Evolution of the rice *Xa21* disease resistance gene family. Plant Cell 9: 1279–1287.

Sun, X. H., T. G. Lu, S. R. Jia, and D. F. Huang. 2004. Bioinformatics analysis of the LRR-NBS gene family in rice. Sci. Agric. Sinica 37:1–7.

Sun, X., Y. Cao, and S. Wang. 2006. Point mutations with positive selection were a major force during the evolution of a receptor-kinase resistance gene family of rice. Plant Physiol. 140:998–1008.

The Rice Chromosome 10 Sequencing Consortium. 2003. In-depth view of structure, activity, and evolution of rice chromosome 10. Science 300:1566–1569.

Wang, J. and W. Wang. 1999. A computational approach to simplifying the protein folding alphabet. Nat. Struc. Biol. 6:1033–1038.

Wang, A. J., C. X. Zhu, and F. J. Wen. 2002. Molecular biology of the resistance to blight disease in rice. J. Shandong Agric. Univ. (Nat. Sci.) 33:101–106. (in Chinese with English abstract)

Yamazaki, Y. and P. Jaiswal. 2005. Biological ontologies in rice databases. An introduction to the activities in Gramene and Oryzabase. Plant Cell Physiol. 46:63–68.

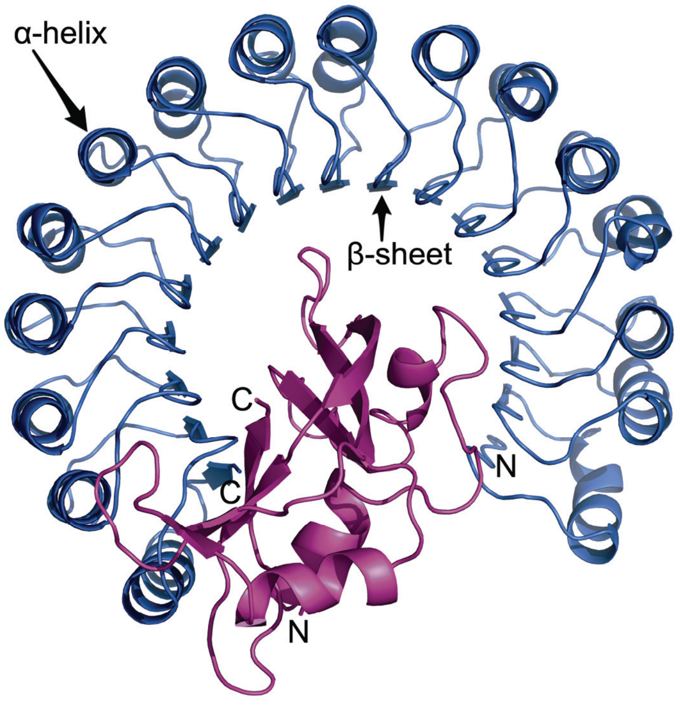
Yoshimura, S., Y. Umehara, N. Kurata, Y. Nagamura, T. Sasaki, Y. Minobe, and N. Iwata. 1996. Identification of a YAC clone carrying the *Xa-1* allele, a bacterial blight-resistance gene in rice. Theor. Appl. Genet. 93:117–122.

Yoshimura, S., U. Yamanouchi, Y. Katayose, S. Toki, Z. X. Wang, I. Kono, N. Kurta, M. Yano, N. Iwata, and T. Sasaki. 1998. Expression of *Xa1*, a bacterial blight-resistance gene in rice, is induced by bacterial inoculation. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 95:1663–1668.

Zhang, X. 1998. Leucine-rich repeat receptor-like kinases in plants. Plant Mol. Biol. Rep. 16:301–311. (in Chinese with English abstract)

附錄 1. LRR 結構之帶狀圖 (Kobe & Deisenhofer 1996)。

Appendix 1. A diagram showing ribbon structure of the leucine-rich repeat (LRR) (Kobe & Deisenhofer 1996).



Leucine-rich Repeat (LRR) Distribution and Amino Acid Composition in Protein Sequences of Genes with Resistance to Bacterial Blight (*Xanthomonas oryzae*) of Rice [1]

Yi-Chen Lin[2], Chun-Tang Lu[3], Meng-Li Wei[3], and Hsiu-Ying Lu[4,5]

Abstract

Lin, Y. C., C. T. Lu, M. L. Wei, and H. Y. Lu. 2009. Leucine-rich repeat (LRR) distribution and amino acid composition in protein sequences of genes with resistance to bacterial blight (*Xanthomonas oryzae*) of rice. J. Taiwan Agric. Res. 58:93–105.

Since leucine-rich repeat (LRR) is known as a domain of protein specific to disease resistance genes, it is used to study the genes of rice with resistance to bacterial blight caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. The CDS (coding domain sequence) and full-length cDNA sequences of the completely sequenced genes were obtained through the access from public databases of NCBI (National Center for Biotechnology Information) and KOME (Knowledge-based Oryza Molecular Biological Encyclopedia) and they were used to identify each LRR fragment in translated protein sequences through Pfam protein families database. Results showed that only *Xa1*, *Xa21* and *Xa26* genes were found to possess LRRs in their protein sequences. When bioinformatics and statistical methods were used for further comparative analysis of distribution and amino acid composition for these LRRs among *Xa* protein sequences, LRRs of *Xa1* were loosely located after NB-ARC (nucleotide-binding adaptor shared by APAF-1, R proteins, and CED-4) in the protein sequences, whereas LRRs of *Xa21* and *Xa26* were densely located before NB-ARC or P-kinase (protein-kinase). It appeared that the first one or two LRRs of the gene *Xa1* proteins in proximity to NB-ARC were distant from the other LRRs, but no similar phenomenon was observed within the protein sequences of the *Xa21* and *Xa26* genes. The LRRs of these three *Xa* genes mainly consisted of hydrophilic amino acids, with the highest frequency for leucine, followed by neutral serine. The LRRs of *Xa1* protein sequences had different frequencies for some amino acids compared to LRRs of *Xa21* and *Xa26*. These findings are useful in understanding of the structural variation of LRRs in protein sequences among *Xa* genes with resistance to bacterial blight of rice.

Key words: Rice, *Xa* genes, Bacterial blight, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, Leucine-rich repeat, Amino acids.

---

1. Contribution No.2354 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: June 26, 2009.
2. Graduate Student, Graduate Institute of Biotechnology, Chaoyang University of Technology, Wufeng, Taichung, Taiwan ROC.
3. Assistant Researcher, Crop Science Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Senior Researcher and Director, Technical Service Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: iying@tari.gov.tw; Fax: (04)23325176.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 58(2):106–113 (2009)

酵母菌株和蒸餾處理對米酒粕營養組成之影響[1]

蔡淑珍[2,3] 吳宗諺[2]

摘　要

蔡淑珍、吳宗諺。2009。酵母菌株和蒸餾處理對米酒粕營養組成之影響。台灣農業研究 58:106–113。

米酒粕是國內米酒生產的大量副產物，了解米酒粕的營養價值有助於提昇米酒粕的加值利用。本試驗以台農 71 號為原料，探討酵母菌株和蒸餾處理對米酒粕營養組成之影響。依所接種之不同酵母菌株，分別進行熟米或生米發酵，於常溫發酵至終點時經壓濾酒糟以收得酒粕。結果顯示米酒粕的一般營養組成因發酵之酵母菌株不同而有所差異，生米發酵酒粕和熟米發酵酒粕之差異更為明顯。以米酒粕的主要成分粗蛋白質為例，菌株 Fermivin PDM®和 Danstil B®菌株熟米發酵酒粕的蛋白質含量分別為 77.19%和 66.16%；而 Magic Koji®菌株生米發酵酒粕的蛋白質含量為 59.67%。米酒粕的酒粕產率和其蛋白質含量呈顯著正相關性 ($p < 0.05$)。相對於熟米發酵酒粕，生米發酵酒粕含有較低蛋白質含量，較高的粗脂肪和粗纖維含量。酒醪蒸餾是產製米酒的重要加工步驟，分別於蒸餾前後收集蒸餾酒粕和未蒸餾酒粕並比較兩者營養組成。結果顯示，相較於未蒸餾酒粕，蒸餾酒粕有較低的粗蛋白質含量，但有較高的粗脂肪、粗纖維、灰分、碳水化合物、游離糖和直鏈澱粉等含量。和國外木質纖維素類穀糧酒粕不同，台灣米酒粕具高白蛋白質，是相當有潛力發展為高植物蛋白質來源。

關鍵詞：米、酒粕、營養組成、酵母菌、發酵、蒸餾。

前　言

酒粕是酒類或酒精生產的大量副產物。傳統上製造酒或酒精之工廠產生之廢酒糟、酒粕、酒精醪的再利用，以飼料原料、土壤改良、有機質肥料原料、培養土原料的應用為主。國外也曾研究作為環保盆栽原料 (Yamauchi *et al.* 2006)，或應用於廢水除氯或苯 (Adachi *et al.* 2005)，或用於化妝品 (Mitsui 2002)。由於穀糧類酒粕富含高纖維或高蛋白質，國外更多研究應用作為食品營養源或生技產業基質原料 (Mussatto *et al.* 2006)，除充分利用於再發酵生產酒或酒精 (Kida *et al.* 1998; Kim *et al.* 2008) 外，也應用於食品產品研發 (Wampler & Gould 1984; Kim *et al.* 1989; Stojceska *et al.* 2008)、作為菇類培養基質原料 (Yang *et al.* 2003)，或作

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2356 號。接受日期：98 年 6 月 29 日。
2. 本所農化組副研究員、聘用助理研究員。台灣　台中縣　霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：sjtsai@wufeng.tari.gov；傳真機：(04)23302805。

為基質原料而應用於生產多醣體和酵素等研究 (Leathers 1998; Romero *et al.* 2007)。

國外穀糧類製酒 (含啤酒) 或酒精原料，主要為玉米、高粱、大麥和小麥等單一或混合發酵。這類酒粕可視為一高量木質纖維素 (lignocellulosic) 物質，以纖維 (fiber) 為主要原料，並富含蛋白質，其營養組成因原料、發酵條件、乾燥處理不同和而有所差異 (Mustafa *et al.* 2000; Santos *et al.* 2003; Mussatto *et al.* 2006)。台灣傳統米酒是以白米為原料，其酒粕成分和上述木質纖維素酒粕應有極大差異，但因國外少有米酒產品，有關米酒粕研究也闕如。因應加入 WTO，國內民間酒類釀製造的開放，米酒粕的產生量也會相對增加，了解米酒粕的營養價值，將更有助於提昇酒粕的加值利用。本試驗主要分析米酒粕營養組成，並比較不同酵母菌株發酵，或蒸餾處理與否對米酒粕營養組成之影響。

材料與方法

酒粕之收集

台農 71 號米經不同發酵條件處理後收集酒粕。發酵處理包括 (1) 熟米發酵：原料生米加入 2.5 倍去離子水蒸煮成熟米，於熱料時先加入 0.3% 澱粉液化酵素 (α-amylase) Spezyme®AA 於處理 1 小時，待降溫至 60℃ 時加入 0.3% 糖化酵素 (glucoamylase) Optimax® HP7527 (Enzyme Solutions Pty Ltd., Australia) 置於室溫下處理 4 小時，當溫度降至約 35℃時，再分別接種不同市售酵母菌株 (原料乾重的 0.5%)，於常溫發酵 11–13 天後，殘糖量和 brix 值開始呈恆定，故統一於發酵 14 天後收取酒粕，經過濾網 (100 mesh) 壓濾分離發酵液後所得之酒渣為酒粕。選用市售酵母菌株包括 Cepage Melot®、Fermivin PDM®、Fermicru LS2®和 Fermicru VR5® (DSM Food Specialties B.V., Netherlands) Danstil B® (Lallemand S.A., France) 等。(2) 生米發酵：原料生米加 2.5 倍去離子水後，直接接入 0.5% (原料乾重) 市售生米菌麴 (神麴 Magic Koji®，大地之元企業股份有限公司代理)，發酵 14 天後經濾網 (100 mesh) 壓濾分離發酵液以獲得酒粕。所有酒粕均經 60℃烘乾秤重計算酒粕產率 (相對於原料重)，進行酒粕分析並比較不同菌株發酵所得酒粕營養組成差異。

蒸餾和未蒸餾處理

選用酵母菌株為 Danstil A®或 Danstil C® (Lallemand S.A., France)，依上述熟米發酵方式進行發酵至終點，按酒粕的取得時間可分為蒸餾前或蒸餾後，而分別得未蒸餾酒粕和蒸餾酒粕。未蒸餾酒粕的收集同前述，乃於發酵終點，未經蒸餾之酒醪經過濾網 (100 mesh) 壓濾分離發酵液後所得之酒粕。蒸餾酒粕乃將酒醪仿傳統蒸餾方式，先以 120℃加熱，待蒸餾酒液開始流出時，將加熱溫度略降至 100℃，直至出口後酒精濃度約為 10–13%則停止蒸餾。將蒸餾後之殘餘酒糟，經過濾網 (100 mesh) 壓濾去汁所取得之固體渣為酒粕。所有酒粕經 60℃烘乾後進行分析，比較蒸餾前後酒粕營養組成之差異。

分析項目

各處理所得之酒粕 60℃烘乾樣本，經乾燥磨粉後進行下列化學成分分析：(1) 水分：精秤 5 g 樣本在 105℃下乾燥過夜，秤至恆量，以乾燥前後重量差異計算水分含量。(2) 粗蛋白質：精秤 0.2 g 樣本，參考 Micro-Kjeldahl Method 分析方法，測出總氮含量 (N)，粗蛋白質含量以 N% × 5.95 表示之 (AOAC International 2000)。(3) 粗脂肪：精秤 1.0 g 樣本，利用快速脂肪萃取裝置 (Tecator, Soxtec System HT2) 進行 Soxhelt 法萃取，以乙醚迴流抽出 1 小時後測定 (AOAC International 2000)。(4) 粗纖維：取萃取完粗脂肪之樣本，依 AOAC 方法 (AOAC International 2000)，利用粗纖維測定裝

置 (Tecator, Fibertec System I) 測定。(5) 灰分：精秤新鮮樣品 5 g 以 550℃ 灰化法測定 (AOAC International 2000)。(6) 碳水化合物：以 100% 減去水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗纖維及灰分所得之值。(7) 純蛋白質：以 Lowry *et al.* (1951) 方法之修飾法分析；其 A 液改為 2% Na_2CO_3，取代 NaOH。(8) 游離糖、總醣、粗澱粉：游離糖之萃取乃精秤乾燥磨粉樣品，在 85–90℃ 熱水浴中以 80%乙醇迴流加熱萃取半小時，離心取出上層萃取液，共重複萃取 4 次，混合全部萃取液並以玻璃棉濾紙濾去殘渣後，以 80%乙醇稀釋定容後測定。總醣則乾粉樣本經 0.7 N HCl 隔水加熱迴流水解 2 小時，離心取出上層萃取液，共重複萃取 2 次，合併萃取液並以玻璃棉濾紙濾去殘渣，以去離子水定容後測定。游離糖和總醣之樣液以酚-硫酸法測定萃取液之六碳糖含量，並以葡萄糖為計算標準 (Dubois *et al.* 1956)。粗澱粉以 (總醣－游離糖) × 0.9 表示之。(9) 直鏈澱粉：含量以 Juliano *et al.* (1981) 方法分析，樣本先經 1 N NaOH 作用 40℃ 下作用 2 小時，再與碘液反應，測定 OD_{620}。(10) 總酚：將樣本先加入 trichloroacetic acid 處理將可能存在蛋白質沉澱，經離心取上澄液以 Folin-Ciocalteu 方法分析 (Singleton & Rossi 1965)，其含量以% GAE (Gallic acid equivalents) 表示。

結　果

不同發酵處理酒粕營養組成之差異

由不同酵母菌株發酵所得未蒸餾酒粕產率分別為熟米發酵 5.40–7.03% 和生米發酵 3.02%，其營養組成結果如表 1A 和表 1B，熟米發酵之酒粕粗蛋白 66.16–77.19%、粗脂肪 6.39–7.58%、灰分 1.11–1.20%、粗纖維 2.86–4.89%和碳水化合物 10.99–20.93%。米酒粕的一般營養組成因酵母菌株不同而有所差異，生米發酵酒粕和其他熟米發酵酒粕的差異更為明顯。相對於蒸米發酵酒粕，生米發酵酒粕之較低蛋白質 (59.67%)、極高的粗脂肪 (19.45%) 和較高的粗纖維 (6.35%)。本實驗室分析台農 71 號 85%精白度白米原料的營養組成 (乾物計) 為粗蛋白質 7.80%，粗脂肪 1.20%，灰分為 0.26%粗纖維 0.29%和碳水化合物 90.44%。白米經過發酵後，原含澱粉已被轉化成酒精，蛋白質成為殘餘酒粕的主要的營養成分。除澱粉外，米酒粕各成分也依發酵不同菌株而都較白米提昇約 4–16 倍。

表 1A. 不同酵母菌株發酵之米酒粕乾物一般營養組成比較

Table 1A. Effect of yeast strains on proximate composition and yield of fermented rice dregs from steamed and raw rice (dry weight basis) [z]

Yeast strain	Source of rice	Yield [y] (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Ash (%)	Crude fiber (%)	Carbohydrate (%)
Cepage Melot	steamed	5.40	68.79 ± 0.67 b [x]	7.58 ± 0.26 b	1.18 ± 0.00 a	4.89 ± 1.39 ab	17.55 ± 0.91 ab
Fermivin PDM	steamed	6.64	77.19 ± 0.98 a	6.95 ± 0.31 b	1.20 ± 0.06 a	3.67 ± 0.01 bc	10.99 ± 0.81 c
Permicru LS2	steamed	7.03	74.43 ± 0.61 a	7.53 ± 0.03 b	1.15 ± 0.08 a	4.32 ± 0.10 bc	12.56 ± 0.72 c
Fermicru VR5	steamed	5.26	68.97 ± 0.37 b	6.39 ± 0.08 b	1.14 ± 0.01 a	2.86 ± 0.07 c	20.64 ± 0.54 a
Danstil B	steamed	5.82	66.16 ± 0.37 b	7.12 ± 0.08 b	1.11 ± 0.01 a	4.70 ± 0.09 abc	20.93 ± 0.31 a
Magic Koji	raw	3.02	59.67 ± 1.81 c	19.45 ± 0.93 a	1.10 ± 0.20 a	6.35 ± 0.19 a	13.44 ± 2.75 bc

[z] Value = mean ± S.D.
[y] Yield % = dry weight of rice dreg/weight of raw rice grain.
[x] Means within a column followed by the same letters were not significantly different at the 0.05 probability level based on the least significant difference (LSD) test; N = 2.

表 1B. 不同酵母菌株發酵之米酒粕化學成分含量比較

Table 1B. Effect of yeast strains on chemical components fermented rice dregs from steamed and raw rice (dry weight basis) [z]

Yeast strain	Source of rice	Free sugar (%)	Crude starch (%)	Amylose (%)	Total phenolics (mg/g)
Cepage Melot	steamed	5.60 ± 0.74 b [y]	6.87 ± 0.29 b	0.84 ± 0.03 b	30.80 ± 0.65 bc
Fermivin PDM	steamed	0.85 ± 0.03 d	7.74 ± 0.21 b	0.50 ± 0.01 b	31.80 ± 0.33 ab
Permicru LS2	steamed	1.00 ± 0.05 d	9.38 ± 0.07 a	0.51 ± 0.09 b	30.61 ± 0.86 bc
Fermicru VR5	steamed	8.10 ± 0.05 a	6.64 ± 0.13 bc	0.75 ± 0.03 b	29.40 ± 0.16 c
Danstil B	steamed	1.96 ± 0.06 cd	7.66 ± 0.02 b	1.41 ± 0.33 a	29.68 ± 0.16 c
Magic Koji	Raw	2.94 ± 1.05 c	5.56 ± 0.81 c	1.21 ± 0.08 a	32.94 ± 0.43 a

[z] Value = mean ± S.D.
[y] Means within a column followed by the same letters were not significantly different at the 0.05 probability level based on the least significant difference (LSD) test; N = 2.

本試驗白米先以酵素水解澱粉成葡萄糖，再經酵母菌發酵利用將葡萄糖轉換成酒精。酒粕醣類相關成分和總酚含量分析結果如表 1B。一般澱粉包括直鏈澱粉 (amylose) 和支鏈澱粉 (amylopectin)。本試驗分析米酒粕粗澱粉含量為 5.56–9.38%，其中直鏈澱粉僅 0.50–1.4%，說明了酒粕殘留未被酵素水解的粗澱粉主要是支鏈澱粉。酒粕游離糖含量 0.85–8.10%，表示發酵終點的殘糖量高低不同，推測和菌株發酵能力相關。米酒粕總酚含量為 29.40–32.94 mg/g，遠高於 85%精白度的白米總酚 3.30 mg/g 的含量 (實驗室分析資料)。米酒粕總酚含量和其他成分一樣，約為白米 9–10 倍，推測在發酵過程中米內大部分總酚並沒有被酵母菌所利用或分解，所以當澱粉於發酵中被耗盡時，酒粕的總酚含量也相對被濃縮提高。Shen *et al.* (2009) 分析不同顏色米之總酚量為 1.08–12.44 mg/g，其中以白米 1.08–2.51 mg/g 較低。Bhanja *et al*. (2008) 自糙米原料和經 *Aspergillus oryzae* 發酵之米麴等乾物萃取出水溶性總酚量分別為 0.58 mg/g 和 8.22–10.60 mg/g。

蒸餾對酒粕成分之影響

白米經澱粉水解酵素處理後，分別接入酵母菌株 Danstil A 和 Danstil C，並於蒸餾前或蒸餾後所收集之米酒粕，分析一般營養組成結果如表 2A。未蒸餾米酒粕的粗蛋白質、粗脂肪、粗纖維、灰分和碳水化合物等含量分別為 72.12–74.32%、7.28–7.68%、4.44–4.64%、1.01–1.30%和 12.96–14.26%。蒸餾米酒粕的粗蛋白質、粗脂肪、粗纖維、灰分和碳水化合物等含量則分別為 62.33–63.74%、7.55–9.34%、5.47–5.74%、1.16–1.31%和 19.87–23.49%。相較於未蒸餾酒粕，蒸餾米酒粕含有較低蛋白質，但有較高粗纖維和碳水化合物。其他成分如游離糖、粗澱粉、直鏈澱粉和總酚等含量，未蒸餾米酒粕分別為 0.83–1.11%、8.21–9.32%、0.87–1.12% 和 2.99–3.04%；而蒸餾米酒粕則分別為為 0.94–2.43%、8.42–8.47%、1.44–1.89% 和 2.57–2.79% (表 2B)。相較於未蒸餾酒粕，蒸餾米酒粕含有較低總酚和較高直鏈澱粉含量。由此發現，蒸餾明顯使粗蛋白質含量減少；除粗澱粉外，蒸餾使米酒粕其他成分如粗脂肪、灰分、粗纖維、碳水化合物、游離糖和直鏈澱粉等含量均或多或少增加，此應是米酒粕蛋白質相對減少所致之結果。

討　論

國外穀糧類製酒 (含啤酒) 或酒精原料，主要為玉米、高粱、大麥和小麥等單一或混合

表 2A. 蒸餾對米酒粕乾物一般營養組成影響

Table 2A. Effect of distillation on proximate composition of rice dregs from wine fermentation (dry weight basis) [z]

Yeast strain	Distillation	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Ash (%)	Crude fiber (%)	Carbohydrate (%)
Danstil A	No	74.32 ± 1.40 a [y]	7.28 ± 0.35 b	1.01 ± 0.00 c	4.44 ± 0.09 c	12.96 ± 1.66 b
Danstil A	Yes	63.74 ± 1.29 b	7.55 ± 0.27 b	1.16 ± 0.01 b	5.47 ± 0.30 ab	23.49 ± 1.25 a
Danstil C	No	72.12 ± 0.10 a	7.68 ± 0.36 b	1.30 ± 0.03 a	4.64 ± 0.17 bc	14.26 ± 0.06 b
Danstil C	Yes	62.33 ± 0.16 b	9.34 ± 0.08 a	1.31 ± 0.00 a	5.74 ± 0.26 a	19.87 ± 0.03 a

[z] Value = mean ± S.D.

[y] Means within a column followed by the same letters were not significantly different at the 0.05 probability level based on the least significant difference (LSD) test; N = 2.

表 2B. 蒸餾對米酒粕乾物化學成分之影響

Table 2B. Effect of distillation on chemical components of rice from wine fermentation (dry weight basis) [z]

Yeast strain	Distillation	Free sugar (%)	Crude Starch (%)	Amylose (%)	Total phenolics (mg/g)
Danstil A	No	1.11 ± 0.12 b [y]	8.21 ± 0.12 a	1.12 ± 0.06 bc	29.93 ± 0.06 a
Danstil A	Yes	2.43 ± 0.06 a	8.42 ± 0.27 a	1.89 ± 0.12 a	25.73 ± 1.66 b
Danstil C	No	0.83 ± 0.09 a	9.32 ± 1.04 a	0.87 ± 0.16 c	30.52 ± 0.63 a
Danstil C	Yes	0.94 ± 0.04 a	8.42 ± 0.37 a	1.44 ± 0.18 ab	27.94 ± 0.40 ab

[z] Value = mean ± S.D.

[y] Means within a column followed by the same letters were not significantly different at the 0.05 probability level based on the least significant difference (LSD) test; N = 2.

發酵，其酒粕以纖維素、非纖維質多醣和木質素等碳水化合物為主要原料 (約 50–70%)，亦含高量蛋白質 (20–35%) (Santos *et al.* 2003; Kim *et al.* 2008; Stojceska *et al.* 2008)。本試驗分析米酒粕主要成分為蛋白質，其粗含量高達約 60–77%，遠高於其他穀糧類酒粕，是相當有潛力發展為高蛋白質來源之一。台灣米酒一般是以碾白率 85%的白米作為發酵原料，而一般日本製作清酒用白米的碾白率 30–70%。Hisamatsu *et al.* (1995) 曾分析來自日本酒廠二種清酒酒粕粗蛋白質含量為 17.1%和 37.1%，總醣含量高達約 63% 和 42%。Tsutsui *et al.* (1998) 分析乾燥清酒酒粕含蛋白質 44.6%、碳水化合物 37.4%和水分 7.2%。日本清酒酒粕的高殘醣量表示應有甚多的澱粉並未被充分利用，也相對使粗蛋白質含量遠低本試驗之酒粕。相反地，本試驗酒粕的殘餘總醣量 (含游離糖和粗澱粉) 為 8.59–14.74%，遠較清酒粕為低。日本清酒粕和台灣米酒粕成分差異應是由於酒產品目的不同所採用的發酵方法不同所致。一般而言，台灣米酒發酵會盡求發酵完全、醣類耗盡的目標，以期獲得最大製酒率。因此米酒粕醣類含量較清酒粕低，相對地，蛋白質含量較高。

稻米澱粉含量約 70–80%，台農 71 號米的直鏈澱粉約為 19.7–22.6% (Lai *et al.* 2001)，本試驗蒸米以澱粉液化酵素 (α-amylase) 和糖化酵素 (glucoamylase) 進行二階段式澱粉水解和糖化。前者酵素為內切型 (endoamylase)，作用於 α-1,4 的糖苷鍵，將澱粉水解成糊精或寡糖；後者則為外切型酵素 (exoamylase)，作用於直鏈和支鏈澱粉的非還原性末端 α-1,4 和 α-1,6 的糖苷鍵，而水解出葡萄糖 (van der Maarel *et al.* 2002)。本試驗酒粕殘留未被發酵

的粗澱粉主要應是含有 α-1,4 和 α-1,6 糖苷鍵的支鏈澱粉，而直鏈澱粉含量則低。多位學者報告利用酵素移除米澱粉和纖維等，而獲得蛋白質含量 47.8–90% 的米分離蛋白 (rice protein isolate) (Morita & Kiriyama 1993; Shih & Daigle 1997; Shih *et al.* 1999)。

本試驗結果顯示米酒粕主要營養組成是蛋白質，而且米酒粕的酒粕產率和粗蛋白質含量呈顯著正相關性 ($p < 0.05$)，即粗蛋白質含量高者，其酒粕產率也相對較高。酵母雖然主要利用糖類發酵成酒精，但生長繁殖仍需要少量利用其他營養源，由此或許可推測酵母菌株對米蛋白質分解或利用的能力影響米酒粕的蛋白質含量或酒粕產率，此仍有待研究。觀察發酵過程及所收集酒粕的外觀，發現蒸米發酵的溼酒粕仍隱約有米粒外型而內部空洞，顯示精白米外層不易被利用而裏層澱粉已被利用竭盡。相反的，生米發酵的溼酒粕組織鬆散而不見原有米的外形，表示米粒外層組織被崩解消耗，而其粗蛋白質含量和酒粕產率明顯低於蒸米發酵，推測生米菌麴更能分解或利用米蛋白質。研究報告國外穀糧類的木質纖維素酒粕粗脂肪含量約 3–10% (Santos *et al.* 2003; Kim *et al.* 2008)。原白米原料約含 1%粗脂肪，而本試驗生米發酵酒粕卻具有高達 19.45%的粗脂肪含量，遠高於熟米發酵酒粕 (6.39–7.58%)，推測生米酒麴具有合成或蓄積脂肪的能力，但實際作用機制則不清楚。由試驗發現生米發酵者和熟米發酵者的酒粕外觀與營養組成差異較大，惟本試驗僅選用一組生米發酵處理，是否其他生米發酵者都有相似的結果，須再進一步探究以確認。因為生米發酵少了熟米發酵所需要的蒸米步驟，少了相關設備和能源成本的支出，商業應用生米發酵方法生產米酒也開始普遍，因此對生米發酵酒粕的了解將更有助於其未來利用。

酒粕收集時間可為蒸餾前或蒸餾後，分別得蒸餾酒粕和未蒸餾酒粕，兩者差別在於酒粕有無和發酵液一起蒸餾。以日本製酒為例，日本清酒酒粕即屬於未蒸餾酒粕，米燒酒酒粕即為蒸餾酒粕。由於未蒸餾酒粕仍含有酒精，台灣民間傳統米酒餾製時習以將酒粕和酒液一起蒸餾以增加出酒率，所以殘餘酒粕為蒸餾酒粕。試驗觀察未蒸餾米酒粕於烘乾後仍呈鬆散的淺土黃色；而蒸餾米酒粕則於烘乾後深褐色且易結成硬塊，嚴重影響外觀。就酒粕未來利用性而言，未蒸餾米酒粕應比蒸餾酒粕更具有應用的空間。由本試驗發現，台灣的米酒粕營養組成和國外木質纖維素類穀糧酒粕不同，米酒粕是相當有潛力發展為高植物蛋白質來源之一。

引用文獻 (Literature cited)

Adachi, A., H. Hamamoto, and T. Okano. 2005. Use of lees materials as an adsorbent for removal of organochlorine compounds or benzene from wastewater. Chemoshpere 58:817–822.

AOAC International. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. AOAC International, Maryland, USA. 2200 pp.

Bhanja T., S. Rout, R. Banerjee, and B. C. Bhattacharyya. 2008. Studies on the performance of a new bioreactor for improving antioxidant potential of rice. WT-Food Sci. Technol. 41:1459–1465.

Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28:350–356.

Hisamatsu, M., T. Fukumoto, T. Noda, K. Teranishi, and T. Yamada. 1995. Sugar compositions of polysaccharide fractions from various industrial food wastes. Bull Faculty Bioresources-Mie Univ. 14: 143–149. (in Japanese with English abstract)

Juliano, B. O., C. M. Perez, A. B. Blakeney, T. Castillo, N. Kongseree, B. Laignelet, E. T. Lapis, V. V. S. Murty, C. M. Paule, and B. D. Webb. 1981. International cooperative testing on the amylose content of milled rice. Stärke 33:157–162.

Kida, K., M. Nakagawa, H. Nishisako, and S. Morimura. 1998. Production of Shochu on a commercial scale from post-distillation slurry by a newly developed recycling process. J. Inst. Brew. 104:265–272.

Kim, C. H., J. A. Maga, and J. T. Martin. 1989. Properties of extruded dried distiller grains (DOG) and flour blends. J. Food Process. Pres. 13:219–231.

Kim. Y., N. S. Mosier, R. Hendrickson, T. Ezeji, H. Blaschek, B. Dien, M. Cotta, B. Dale, and M. R. Ladisch. 2008. Composition of corn dry-grind ethanol by-products: DDGS, wet cake, and thin stillage. Bioresour. Technol. 99:5165–5176.

Lai, M. S., C. P. Li, C. S. Tseng, H. J. Huang, C. G. Chern, and Y. C. Kuo. 2001. Development of aromatic rice variety Tainung 71 (Yihchuan aromatic rice). J. Agric. Res. China 50:1–12. (in Chinese with English abstract)

Leathers, T. D. 1998. Utilization of fuel ethanol residues in production of the biopolymer alternan. Process Biochem. 33:15–19.

Lowry, O. H., N. J. Rosebrough, L. Farr, and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193:265–273.

Van der Maarel, M. J. E. C., B. van der Veen, J. C. M. Uitdehagg, H. Leemhuis, and L. Dijkhuizen. 2002. Properties and application of starch-converting enzymes of the α-amylase family. J. Biotechnol. 94:137–155.

Mitsui, Y. 2002. New raw materials and technologies for cosmetics. The development of a new cosmetic ingredient by using Natural resources. I. Application of Sake cake for cosmetics. Fragr. J. 30: 145–149. (in Japanese with English abstract)

Morita, T. and S. Kiriyama. 1993. Mass production method for rice protein isolate and nutritional evaluation. J. Food. Sci 58:1393–1396.

Mussatto, S. I., G. Dragone, and I. C. Roberto. 2006. Brewers' spent grain: generation, characteristics, and potential applications. J. Cereal Sci. 43:1–14.

Mustafa, A. F., J. J. McKinnon, and D. A. Christensen. 2000. Chemical characterization and in situ nutrient degradability of wet distillers' grains derived from barley-based ethanol production. Anim. Feed Sci. Technol. 83:301–311.

Romero, E., J. Bautista, A. M. Garcia-Martinez, and J. Parrado. 2007. Bioconversion of corn distiller's dried grains with solubles (CDDGS) to extracellular proteases and peptones. Process Biochem. 42:1492–1497.

Santos, M., J. J. Jimenez, B. Bartolome, C. Gomez-Cordoves, and M. J. del Nozal. 2003. Variability of brewer's spent grain within a brewery. Food Chem. 80:17–21.

Shen Y., L. Jin, P. Xiao, Y. Lu, and J. Bao. 2009. Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. J. Cereal Sci. 49:106–111.

Shih, F. F. and K. Daigle. 1997. Use of enzymes for the separation of protein from rice flour. Cereal Chem. 74:437–441.

Shih, F. F., E. T. Champagne, K. Daigle, and Z. Zarins. 1999. Use of enzymes in the processing of protein products from rice bran and rice flour. Nahrung 43:14–18.

Singleton, V. L. and J. A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phophomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Viticult. 16:144–158.

Stojceska, V., P. Ainsworth, A. Plunkett, and S. Ibanoglu. 2008. The recycling of brewer's processing by-product into ready-to-eat snacks using extrusion technology. J. Cereal Sci. 47:469–479.

Tsutsui, N., Y. Yamamoto, and K. Iwami. 1998. Protein-nutritive assessment of sake lees obtained by brewing from liquefied rice. J. Nutr. Sci. Vitaminol. 44:177–186.

Wampler, D. J. and W. Gould. 1984. Properties of extruded dried distiller grains (DOG) and flour blends. J. Food Sci. 49:1321–1322.

Yamauchi, M., S. Masuda, and M. Kihara. 2006. Recycled pots using sweet potato distillation lees. Resour. Conserv. Recy. 47:183–194.

Yang, F. C., C. Hsieh, and H. M. Chen. 2003. Use of stillage grain from a rice-spirit distillery in the solid state fermentation of *Ganoderma lucidum*. Process Biochem. 39:21–26.

Effects of Yeast Strains and Distillation on Nutritional Composition of Rice Dregs [1]

Shwu-Jene Tsai[2,3] and Tsung-Yen Wu[2]

Abstract

Tsai, S. J. and T. Y. Wu. 2009. Effect of yeast strains and distillation on nutritional composition of rice dregs. J. Taiwan Agric. Res. 58:106–113.

Fermented rice dreg is a valuable by-product of rice wine manufacture. This study was carried out to determine effects of yeast strains and distillation on nutritional components of rice dregs using rice variety TNG-71. Wine fermentations of steamed or non-steamed rice were inoculated with different commercial strains of yeast (*Scharomyces cerevisiae*). At the end of ambient fermentation, the solid dregs were separated from thin stillage and then used for chemical analyses. Results showed that the nutritional composition of rice dregs was affected by strains of yeast as well as the source of rice grain (steamed or non-steamed). For examples, crude protein, the main ingredient of rice dregs, was 77.19, 66.16 and 59.67% for the treatments of yeast strain Fermivin PDM® in steamed rice, yeast strain Danstil B® in steamed rice, and yeast strain Magic Koji® in non-steamed rice, respectively. In addition, there was a positive correlation ($p < 0.05$) between dried yield and protein contents of rice dregs. Compared to fermented steamed rice, the rice dregs from fermentation of non-steamed rice had lower protein content but higher fiber and lipid. Since distillation of fermented mash is an important processing for spirit production from rice, the chemical composition of distilled and non-distilled dregs was compared. Results showed that the distilled rice dregs had lower protein but higher fat, fiber, ash, carbohydrate, free sugar and amylose, compared to the non-distilled rice dregs. Unlike the reported low protein of lignocellulosic distillers' grains, the dreg from rice wine manufacture contains high protein, and thus, may serve as a potential source of plant protein for food.

Key words: Rice, Rice dregs, Chemical composition, Yeast, Fermentation, Distillation.

---

1. Contribution No.2356 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: June 29, 2009.
2. Associate Researcher and Assistant Researcher, Agricultural Chemistry Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail: sjtsai@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23302805.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 58(2):114–124 (2009)

Seasonal Changes of Growth and Leaf Perillaldehyde in *Perilla frutescens* (L.) Britton [1]

Yuh-Jyuan Lee[2] and Chwen-Ming Yang[2,3]

Abstract

Lee, Y. J. and C. M. Yang. 2009. Seasonal Changes of Growth and Leaf Perillaldehyde in *Perilla frutescens* (L.) Britton. J. Taiwan Agric. Res. 58:114–124.

Perilla frutescens (L.) Britton, a member of Lamiaceae and a native dicot in Asia, is now distributed worldwide including Taiwan. To further explore its uses as a commercial crop, a comprehensive study regarding the growth behavior and chemical components of this plant species is needed. In the present research, changes in growth traits, including plant height, leaf area index and weights of aerial parts, and leaf perillaldehyde (PA) concentration and content were investigated for plants grown in different growing seasons in the experimental period from 2004 to 2006. The five-leaf stage seedlings were transplanted in March (Season I), April (Season II), May (Season III) June (Season IV) and July (Season V), respectively. Concentration of leaf PA was determined by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). Results showed that plant height was taller and leaf area index and fresh weights of aerial parts were larger for plants grown in cooler Season I relative to those plants grown in other warmer seasons (Seasons II-V), implying that warming conditions during growing periods was not in favor to plant growth. Seeds harvested at maturity were found varied in different growing seasons and seed produced in Season V was the lowest. In contrast, the highest value of 500-seed weight also obtained from seeds produced in Seasons V. The PA concentration in the primary leaves on the main stem from position 10 to 15 was higher than others and the quadratic pattern was similar in different growing seasons in 2004–2006. The distribution pattern of leaf PA content was in accordance with leaf PA concentration during the growing periods. In considering the proportions of PA distributed in leaves emerged on the main stem and the lateral branches, the proper time period to harvest the highest quantity of leaf PA for a single plant was from 110 to 120 days after transplanting.

Key words: Growth trait, Leaf perillaldehyde, Seed production, *Perilla frutescens* (L.), Growing season.

Introduction

Perilla frutescens (L.) Britton is an ornamental herb of the mint family (Labiatae) native to eastern Asia (Shu 1994), and is widely used as a condiment for foods in China, India, Thailand, and other Asian countries. There are green-leafed and red-leafed varieties which are generally recognized as separate

1. Contribution No.2357 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: June 29, 2009.

2. Respectively, Assistant Researcher and Researcher, Crop Science Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Corresponding author, E-mail: cmyang@tari.gov.tw; Fax: (04)23317118.

species by botanists. The green leaf type of perilla, called aojiso in Japan, is a popular potherb in the Orient. The red (or purple) type of perilla, called akajiso in Japan, is wealthy in anthocyanin and a number of chemical compounds and often used as garnish, flavoring and colorant (Suyama *et al.* 1983; Koezuka *et al.* 1985b; Chung *et al.* 1986). Recently the species has been cultivated in many regions of the world for medicinal and culinary uses (Li 1969; Richardson 1972; Perry & Metzger 1980; Kurita & Koike 1981; Koezuka *et al.* 1985b; Ragazinskiene *et al.* 2004).

Perilla can easily adapt to open sunny fields with humid climate. The prefer environment for cultivation is a well-drained rich soil with light to medium moist and full sun (Park *et al.* 1991). Generally the cold hardened seeds are sown in pots filled with sifted compost consisting of loam, leaf mold and sand and covered lightly with soil. In warm and humid weather, plants grow quickly and the mature plants may grow about one meter high and are bushy and self-branching. The leaves are fuzzy, dark purple or green and flowers are self-pollinated without insect visits (Brenner 1993; Preston 1998). To maintain a neat appearance, their tops are usually pinched off when the fourteenth primary appears on the main stem (Lee & Yang 2006). As a short-day summer annual, the flowering of perilla is sensitive to change in day length. It blooms in October and killed by frost in winter locally (Lee & Yang 2006). However, it may become a weed when escapes from the garden (Haragan 1991; Brenner 1993).

Perilla is also used in Oriental medicine, especially China (Chen 1997). The entire plant is very nutritious, packed with vitamins, minerals, and a variety of chemical components (Kurita & Koike 1981; Fujita & Nakayama 1997; Ueda & Yamazaki 1997; Yamazaki & Ueda 1997; Ragazinskiene *et al.* 2004). It has been found that seed oil is rich in omega-3 fatty acid (alpha-linolenic acid) which has some benefit in the treatment of allergy (Choi *et al.* 1980; Yu *et al.* 1997; Baser *et al.* 2003). The volatile oil extracted from leaves is used as a flavoring agent, in which perilla aldehyde (perillaldehyde, PA) is the most abundant that responsible for the aroma and taste of perilla (Arctander 1960; Nago *et al.* 1975; Tada *et al.* 1996; Makino *et al.* 2003). In fact, studies of perilla volatile oil have revealed that distinct chemotypes of perilla have different dramatically biological effects (Koezuka *et al.* 1985a; Koezuka *et al.* 1986; Nishizawa *et al.* 1989, 1990; Tabata 1997; Wilson *et al.* 1977). The PA chemotype is the source of Japanese "ao-shiso" and used as a medicine with an agreeable fragrance (Nitta & Ohnishe 1999). Additionally, perilla alcohol (PAL), a semio-chemical prepared from PA, can be used in fragrances and obtains pharmacological action in inhibiting or preventing the proliferation of neoplasms (Opdyke 1981). Perilla ketone (PK), a terpenoid component present in the leaves and seeds that consists of a furan ring with a six-carbon side chain, is toxic to some animals (Wilson *et al.* 1977; Kerr *et al.* 1986; Phillips & Von Tungein 1986). When cattle and horses consume perilla to a certain amount when grazing in fields, the PK may cause pulmonary edema leading to a condition called perilla mint toxicosis (Banno *et al.* 2004).

In this study, field experiments were conducted to study the differences in growth traits of red perilla grown in different seasons and years. Changes in PA concentration and content extracted from primary leaves on the main stem and leaves emerged from the lateral branches were investigated and their differences between seasons were also compared.

Materials and Methods

Field experiments were done in the experimental farm of Taiwan Agricultural Research Institute (Wufeng, Taiwan) from 2004 to 2006. The important dates of cultivation practices and growth characteristics for plants of red perilla, *Perilla frutescens* (L.) Britton var. crispa (aka-shiso type), grown in different growing seasons and years were listed in Table 1. Seeds were sown into sifted compost (a mixture of loam and leaf mold) within containers, one seed per container, covered lightly with soil, and then placed under a polyethylene plastic (PEP) structure nursery. The containers were sprayed daily in excess with fertilized water (4.2 g urea resolved in 4 L of tape water) until the five-leaf pair stage, in which the fifth primary leaf

pair emerged from the main stem. The excess of irrigation water was drained and flushed away the surplus fertilizer from the bottom of the containers. The uniformly seedlings of five-leaf pair stage were transplanted from the nursery to the experimental fields at spacings of 0.5 m × 0.5 m on March (Season I; in 2004–2006), April (Season II; in 2005 and 2006), May (Season III; in 2004 and 2005), June (Season IV; in 2005), or July (Season V; in 2004). On each transplanting, seedlings were transplanted into 3 plots in the field with each plot 8 m in length and 1.2 m in width and plowed into 2 lines.

The composite fertilizer Taifei-1 (granule, N : P_2O_5 : K_2O = 20% : 5% : 10%, Taiwan Fertilizer Company, Kaohsiung, Taiwan) was applied at a rate of 50 kg ha^{-1} two days after transplanting as basal dose, and urea (granule, 46% N, TFC) was sprayed every 30 days after the transplanting until the flowering of inflorescences. Pesticide methomyl (24% S, 1000×, 0.24 L a.i. ha^{-1}) was sprayed to control aphid, lambda-cyhalothrin (2.8% EC, 1000×, 0.028 L a.i. ha^{-1}) was used to control spider mite, and carbofuran (3% G, 3 kg a.i. ha^{-1}) was applied to control nematode. Mancozeb (33% WP, 500 C, 1 L a.i. ha^{-1}) was used to protect from infection by rust disease.

Leaf-removal and bud-pinching were practiced during the growing periods (Table 1). When the seventh primary leaf pair emerged from the main stem, the first to the fourth leaf pair was removed by hands with the purpose to promote a healthy plant

Table 1. The important dates of cultivation practices and growth characteristics during different growing seasons of red perilla, *Perilla frutescens* (L.) Britton var. crispa (aka-shiso type), grown at Taiwan Agricultural Research Institute Experimental Farm (Wufeng, Taiwan) in years from 2004 to 2006

	Season				
Cultivation practice	I	II	III	IV	V
2004					
Seed sowing in nursery	01/28		04/01		06/14
Seedling transplanting to the field	03/15		05/03		07/30
Lower leaves removal on the main stem [z]	04/08		06/16		09/03
Bud pinching (main stem and branches)	05/07		07/08		10/01
Flowering of inflorescences	10/01		10/02		10/02
Seed harvest	11/18		11/22		11/25
Days from transplanting to seed harvest	248		203		118
2005					
Seed sowing in nursery	01/14	03/01	04/06	05/02	
Seedling transplanting to the field	03/14	04/22	05/12	06/16	
Lower leaves removal on the main stem	04/01	05/02	06/08	07/08	
Bud pinching (main stem and branches)	05/10	06/17	07/26	08/15	
Flowering of inflorescences	09/21	09/22	9/22	09/23	
Seed harvest	11/23	11/24	12/02	12/06	
Days from transplanting to seed harvest	254	216	204	173	
2006					
Seed sowing in nursery	02/07	03/01			
Seedling transplanting to the field	03/23	04/11			
Lower leaves removal on the main stem	04/18	05/04			
Bud pinching (main stem and branches)	05/10	05/29			
Flowering of inflorescences	10/02	10/03			
Seed harvest	11/18	11/18			
Days from transplanting to seed harvest	240	221			

[z] The first 4 leaf pairs of primary leaves on the main stem were removed from all plants when the seventh primary leaf pair emerged on the main stem for the purpose to stimulate a healthy plant growth and a neat appearance.

growth. When the fourteenth primary leaf pair emerged, treatment of bud-pinching was carried out in order to maintain a neat appearance and an easy-to-access plant height. Buds on the top of main stem and branches were pinched off by human labor. Plant samplings were made periodically to measure growth traits in 2004 and 2005, including plant height (PH), leaf area (LA), and fresh and dry weights of leaves (LFW and LDW), stems (SFW and SDW) and aboveground (AFW and ADW). Leaf area index (LAI) was calculated as the accumulated apparent leaf area of sampled plants divided by unit ground area (m^2 m^{-2}). At maturity in 2004–2006, seeds produced from all growing seasons were harvested and weighted and the 500-seed weight was calculated.

When the paired leaves emerged from the main stem and the lateral branches were fully expanded with leaf width greater than 8 cm during plant growth, their areas and fresh weights were measured and the concentrations of PA were determined by the method of High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (Lee & Yang 2006). Leaf blade of 0.10–0.18 g was obtained from each of sampled leaves, cut to pieces with a scissors, and extracted by 5 mL 90% methanol using a pestle and mortar. The collected homogenate was stored in a test tube and placed standstill for at least 10 min. The clean supernatant was collected and filtered through a funnel packed with 0.2 g charcoal activated powder (Sigma-Aldrich Laborchemikalien GmbH, Germany). The filtrate was further filtered through a 13-mm disposable syringe filter (Xpertex®, P. J. Cobert Associates, Inc., St. Louis, MO, USA) with 0.45 μm pore size. A fraction of 10 μL from the filtrate was used for HPLC analysis. As indicated in the chromatogram (Lee & Yang 2006), the retention times were 7.47 min and 7.49 min for PA standard and extract of the leaves.

The HPLC grade S-(-)-perillaldehyde was purchased from Aldrich (Milwaukee, WI, USA) to build the calibration curve. Methanol was obtained from Tedia (Tedia Company, Inc. USA) and mixed with NANO-pure water (NANOpure Diamond™ system, Barnstead Inc., USA) for a mobile phase (methanol : water = 75 : 25, v/v). The PA standard and samples were solved in 90% methanol and detected by a Shimadzu HPLC system (Shimadzu Corp., Kyoto, Japan), which consists of a LC-10AT VP pump, a FCV-10AL VP GASTORR 102, and a SPD-10A VP UV-VIS detector with detection wavelength set at 220 nm. Separation was carried out with an Inertsil C_8 column (150 mm × 4.6 mm I. D., 5 μm particle) (GL Sciences Inc., Japan) and isocratic mobile phase consisted of methanol-water (75 : 25, v/v) mixture and flowed at a rate of 0.5 mL min^{-1} under room temperature.

To determine PA content of all primary leaves collected from the main stem or all leaves emerged from the lateral branches, the PA concentrations of each pair of primary leaves or leaves from the sampled branches were measured and multiplied with their respective fresh weights. The PA content per plant was obtained from the summation of PA contents of both types of leaves. Data from this study were analyzed and graphed using the software packages Statistical Analysis System version 8.1 (SAS Institute 1998) and Sigmaplot 2001 (SPSS ASC BV, The Netherlands), respectively.

Results and Discussion

The important dates of cultivation practices and growth characteristics during different growing seasons of red perilla were recorded in Table 1. It showed that the growth duration from seedling transplanting to seed harvest varied in different growing seasons and years. In a descending order, seedlings transplanted in cooler Season I (seedlings transplanted in March) took a longer growing period to reach seed maturity relative to those transplanted in a warmer seasons (Seasons II, III, IV, and V). It also took a longer time to get to the designated developmental stages in Season I. Results suggest that differences in climatic conditions may affect the growth and development of this species and hence, the time periods required for the specified cultivation practices. However, the flowering of inflorescences occurred in the late September to early October irrespective to transplanting dates, revealing the characteristic of short-day nature of perilla. As pointed out by Kosuna *et al.* (1997) and

Zeevaat (1969, 1985), plants of perilla become photosensitive as early as at the fourth primary leaf pair stage and are good source for plant physiologists to investigate floral induction and photoperiodism (Brenner 1993). The results of this study confirmed such a phenomenon that long nights induced flowering of inflorescences. Moreover, plants grown in different growing seasons might have differential critical night lengths requirements but would bloom within the similar time period.

As shown in Fig. 1, plants of perilla elongated in a curvilinear fashion. Generally plants grown in Season I were taller and had higher values of LAI during plant growth; whereas, plants grown in warmer seasons (Seasons II-V) were shorter with less leaf area, similar to the report in Lee & Yang (2006). In addition, both leaf and stem fresh weights also increased curvilinearly during plant growth (Fig. 2). Plants grown in Season I generally had the highest weight values along plant development than those plants grown in other growing seasons. Results imply that warming conditions during growing periods was unfavorable to plant growth. In case of seed production, results indicated that seeds harvested at maturity varied in different growing seasons and seed produced in Season V was the lowest (Fig. 3). In contrast, the highest value of 500-seed weight also obtained from seeds produced in Seasons V. Apparently, plants grown in hot summer period (July to September) of Season V produced less seeds with a bigger seed size.

Perilla leaves contain about 0.2% of an essential oil which varies widely in composition and has been found obtaining good inhibitory activity against *Aspergillus niger*, *Candida albicans*, *Bacillur subtilis* and *Encherichia coli* that attributed to the high contents of PA and caryophyllene oxide (Omer *et al.* 1998). The compound PA showed moderate and broad-spectra activity against many Gram-positive and Gram-negative microbes and fungi (Kang *et al.* 1992), and was also demonstrated having a sedative activity and antimicrobial properties (Terao *et al.* 1991; Duke & Fulton 2002).

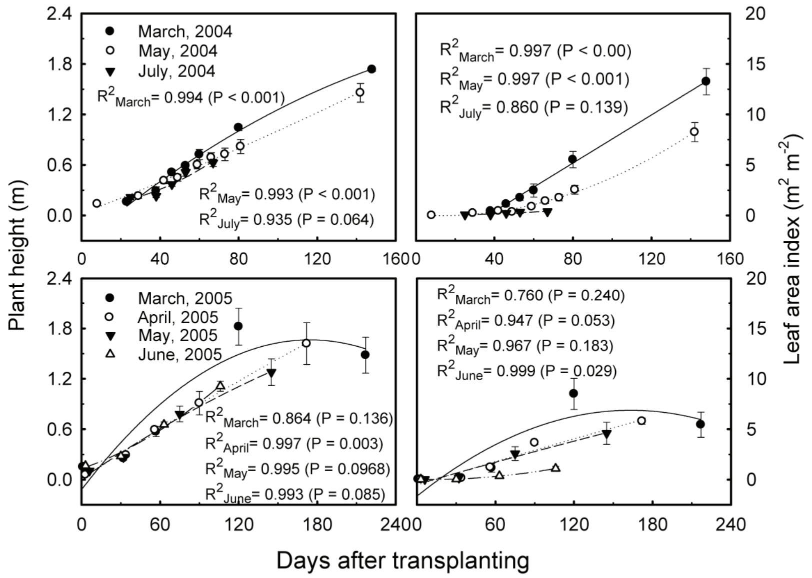


Fig. 1. Changes in plant height and leaf area index (LAI) after transplanting for plants of red perilla, *Perilla frutescens* (L.) Britton var. crispa (aka-shiso type), grown in different growing seasons at Taiwan Agricultural Research Institute Experimental Farm (Wufeng, Taiwan) in 2004 and 2005. Season I: seedlings transplanted in March; Season II: seedlings transplanted in April; Season III: seedlings transplanted in May; Season IV: seedlings transplanted in June; and Season V: seedlings transplanted in July.

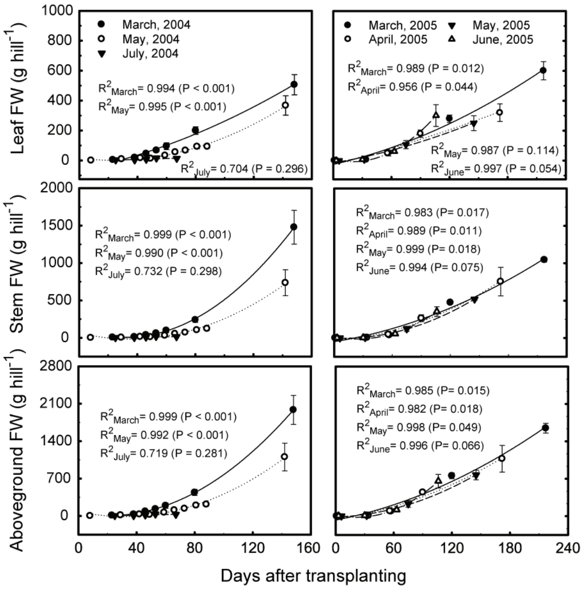


Fig. 2. Changes in fresh weights of leaves, stems, and aboveground after transplanting for plants of red perilla, *Perilla frutescens* (L.) Britton var. crispa (aka-shiso type), grown in different growing seasons at Taiwan Agricultural Research Institute Experimental Farm (Wufeng, Taiwan) in 2004 and 2005. Season I: seedlings transplanted in March; Season II: seedlings transplanted in April; Season III: seedlings transplanted in May; Season IV: seedlings transplanted in June; and Season V: seedlings transplanted in July.

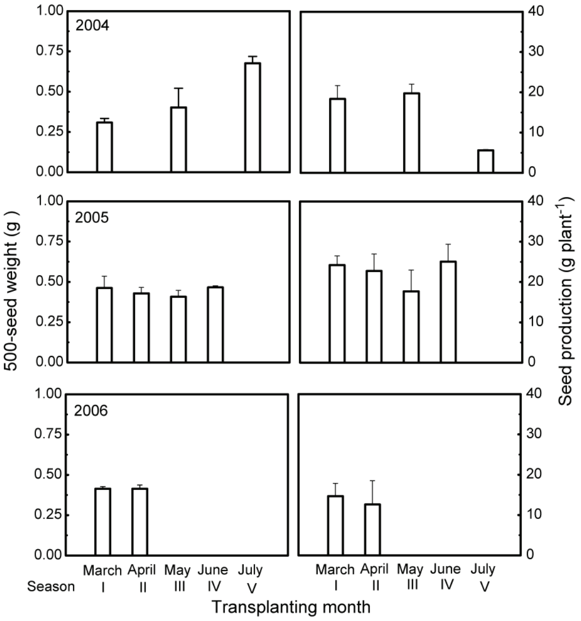


Fig. 3. Comparisons of the values of 500-seed weight and seed production measured at maturity for plants of red perilla, *Perilla frutescens* (L.) Britton var. crispa (aka-shiso type), grown in different growing seasons at Taiwan Agricultural Research Institute Experimental Farm (Wufeng, Taiwan) in years from 2004 to 2006. Season I: seedlings transplanted in March; Season II: seedlings transplanted in April; Season III: seedlings transplanted in May; Season IV: seedlings transplanted in June; and Season V: seedlings transplanted in July.

We examined the concentration of PA of fresh fully expanded primary leaves along the main stem upwards. With a quadratic pattern, leaf PA concentration increased with the upscaling of leaf position and then decreased after reaching the plateau in the range from leaf position 10 to 15 (Fig. 4). As PA concentration of the same leaf position varies among years of the same growing season, results indicate that the environment of growth habitat plays a role in the formation of this phytochemical. The concentration of leaf PA measured in this study was comparable to that reported by Kang *et al.* (1992), yet was a little bit higher than that reported by Omer *et al.* (1998). By further multiplying the concentration with fresh weight, PA content of each of primary leaves was obtained (Fig. 5). A similar quadratic distribution was acquired in the examined growing seasons and the plateau value was also located in the range of 10–15.

To further compare the differences in PA content in leaves of different plant parts between growing seasons, the temporal changes of PA content extracted from either primary leaves collected from

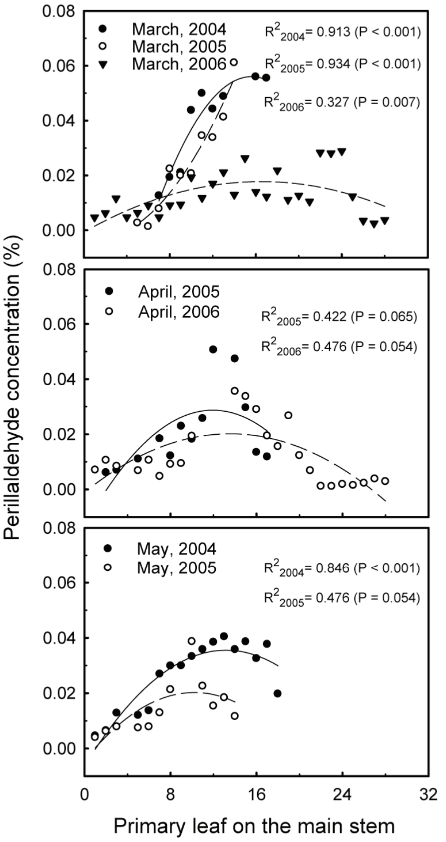


Fig. 4. Comparisons of the perillaldehyde (PA) concentration in different primary leaves emerged from the main stem for plants of red perilla, *Perilla frutescens* (L.) Britton var. crispa (aka-shiso type), grown in different growing seasons at Taiwan Agricultural Research Institute Experimental Farm (Wufeng, Taiwan) in years from 2004 to 2006. Season I: seedlings transplanted in March; Season II: seedlings transplanted in April; and Season III: seedlings transplanted in May.

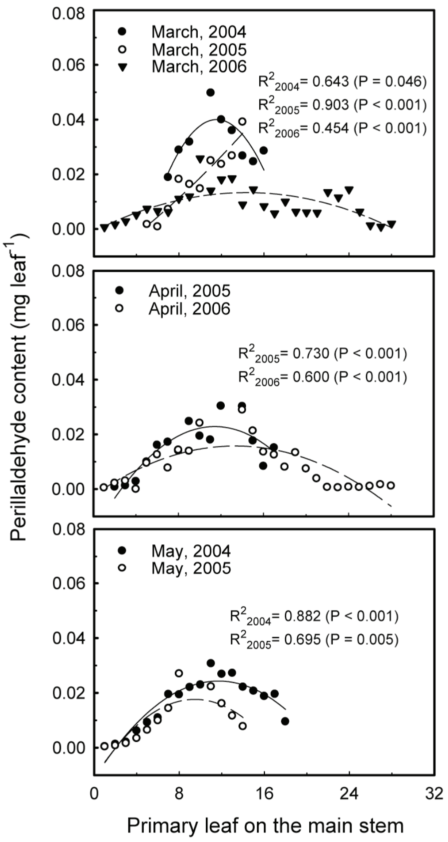


Fig. 5. Comparisons of the perillaldehyde (PA) content per leaf in different primary leaves emerged from the main stem for plants of red perilla, *Perilla frutescens* (L.) Britton var. crispa (aka-shiso type), grown in different growing seasons at Taiwan Agricultural Research Institute Experimental Farm (Wufeng, Taiwan) in years from 2004 to 2006. Season I: seedlings transplanted in March; Season II: seedlings transplanted in April; and Season III: seedlings transplanted in May.

the main stem or leaves collected from the lateral branches were monitored (Fig. 6). Results showed that, with limited leaf numbers, PA content of all primary leaves collected per plant changed in a quadratic function. However, as the amount of leaves collected from the lateral branches increased after transplanting until the end of PA extraction in July, their PA content built up progressively with plant development. Thus, the optimal time period for the highest quantity of leaf PA should be referred to the potential amount of leaves collected from all parts of whole plant during growing seasons. In perilla, both leaves from the main stem and the lateral branches should be considered.

Since perilla has long being used as a folk medicine, vegetable, garnish and flavoring, this plant species may be considered as a valuable herb and is worthy of studying in depth. To further expand its uses for the benefits of human health and living, changes in the interested compounds during plant development should be uncovered. Its growth performance under different growing seasons and years should also be extensively investigated, especially when the production of its plant parts and valued components are the major targets.

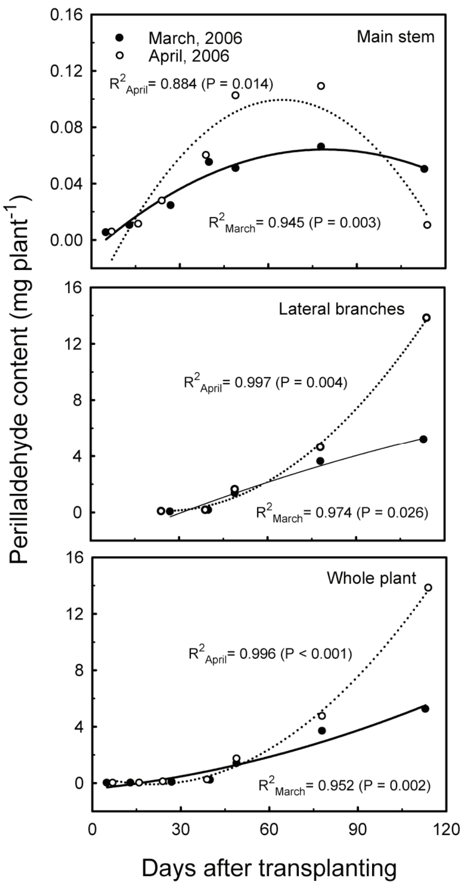


Fig. 6. Changes in perillaldehyde (PA) content per plant after transplanting in primary leaves collected from the main stem, leaves collected from the lateral branches, and leaves of whole plant for plants of red perilla, *Perilla frutescens* (L.) Britton var. crispa (aka-shiso type), grown at Taiwan Agricultural Research Institute Experimental Farm (Wufeng, Taiwan) in Seasons I and II of 2006. Season I: seedlings transplanted in March; Season II: seedlings transplanted in April.

Literature Cited

Arctander, S. 1960. Perfume and Flavor Materials of Natural Origin. Allured Pub. Corp., Elizabeth, NJ. 733 pp.

Banno, N., T. Akishisa, H. Tokuda, K. Yasukawa, H. Higashihara, M. Ukida, K. Watanabe, Y. Kimura, J. Hasegawa, and H. Nishino. 2004. Triterpene acids from the leaves of *Perilla frutescens* and their inflammatory and antitumor-promoting effects. Biosci. Biotechnol. Biochem. 68:85–90.

Baser, K. H. C., B. Demirci, and A. A. Donmez. 2003. Composition of the essential oil of *Perilla frutescens* (L.) Britton from Turkey. Flavour Fragrance J. 18:122–123.

Brenner, D. M. 1993. Perilla: Botany, uses and genetic resources. p.322–328. *in:* New Crops. (J. Janick and J. E. Simon, eds.) Wiley. New York.

Chen, Y. P. 1997. Applications and prescriptions of Perilla in traditional Chinese medicine. p.37–45. *in:* Perilla: the Genus Perilla. (K. Kosuna, M. Haga, and H. C. Yu, eds.) Harwood Academic Publishers. Amsterdam.

Choi, I. S., S. Y. Son, and O. H. Kwon. 1980. Effect of seedling age and planting density on the yield and its component of perilla (*Ocymcides* var. Typica MAKINO) intercropped with tobacco or after cropped. Korean Soc. Hort. Sci. 25:68–75. (in Korean with English abstract)

Chung, M. Y., L. S. Hwang, and B. H. Chiang. 1986. Concentration of perilla anthocyanins by ultrafiltration. Food Sci. 51:1494–1497, 1510.

Duke, A. and M. Fulton. 2002. Handbook of Medicinal Herbs. 2^{nd} ed. CRC Press, Boca Raton, Fl. USA. 896 pp.

Fujita, T. and M. Nakayama. 1997. Chemical studies on the constituents of *Perilla frutescens*. p.109–128. *in:* Perilla: the Genus Perilla. (K. Kosuna, M. Haga, and H. C. Yu, eds.) Harwood Academic Publishers. Amsterdam.

Haragan, P. D. 1991. Weeds of Kentucky and Adjacent States: A Field Guide. The Univ. Press of Kentucky. Lexington, Kentucky, USA. 278 pp.

Kang, R., R. Helms, M. J. Stout, H. Jaber, Z. Chen, and T. Nakatsu. 1992. Antimicrobial activity of the volatile constituents of *Perilla frutescens* and its synergistic effects with polygodial. J. Agric. Food Chem. 40:2328–2330.

Kerr, L. A., B. J. Johnson, and G. E. Burrows. 1986. Intoxication of cattle by *Perilla frutescens* (purple mint). Vet. Hum. Toxicol. 28:412–416.

Koezuka, Y., G. Honda, and M. Tabata. 1985a. An intestinal propulsion promoting substance from *Perilla frutescens* and its mechanism of action. Planta Med. 6:480–482.

Koezuka, Y., G. Honda, and M. Tabata. 1985b. Genetic control of anthocyanin production in *Perilla frutescens*. Shoyakugaku Zasshi. 39:228–231.

Koezuka, Y., G. Honda, and M. Tabata. 1986. Genetic control of phenylpropanoides in *Perilla frutescens*. Phytochemistry 25:2085–2087.

Kosuna, K., M. Haga, and H. C. Yu. 1997. Perilla: the Genus Perilla. Harwood Academic Publishers. Dallas, USA. 187 pp.

Kurita, N. and S. Koike. 1981. Synergistic antimicrobial effect of perilla and NaCl Nippon Nogeikagaku Kaishi 55:43–46. (in Japanese with English abstract)

Lee, Y. J. and C. M. Yang. 2006. Growth behavior and perillaldehyde concentration of primary leaves of *Perilla frutescens* (L.) Britton grown in different seasons. Crop Environ. Bioinform. 3:135–146.

Li, H. L. 1969. The vegetables of ancient China. Econ. Bot. 23:253–260.

Makino, T., Y. Furuta, H. Wakushima, H. Fujii, K. Saito, and Y. Kano. 2003. Anti-allergic effect of *Perilla frutescens* and its active constituents. Phytother. Res. 17:240–243.

Nago, Y., S. Fujioka, T. Takahashi, and T. Matsuoka. 1975. Studies on the quality of the Chinese drug "soyo" and the cultivation of the original plant. Takeda Res. Lab. 34:33–42. (in Japanese)

Nishizawa, A., G. Honda, and M. Tabata. 1989. Determination of final steps in biosyntheses of essential oil components in *Perilla frutescens*. Planta Med. 55:251–253.

Nishizawz, A., G. Honda, and M. Tabata. 1990. Genetic control of perillene accumulation in *Perilla frutescens*. Phytochemistry 29:2873–2875.

Nitta, M. and O. Ohnishi. 1999. Genetic relationships among two Perilla crops, shiso and egoma, and the weedy type revealed by RAPD markers. Gene Genetic Syst. 74:43–48.

Omer, E. A., M. E. Khattab, and M. E. Ibrahim. 1998. First cultivation trial of *Perilla frutescens* L. in Egypt Flavour Fragrance J. 13:221–225.

Opdyke, D. L. J. 1981. Monographs on fragrance raw materials. Food Cosmet. Toxicol. 19:237–254.

Park, H. C., D. G. Choi, S. K. Kim, S. K. Chin, K. H. Park, and B. J. Choi. 1991. Studies on suitable sowing times, seedling growing periods and planting distances for late-planted *Perilla ocymoides* cultivar Yuepsildlggae. Res. Rep. Rural Devel. Administ. (Upland & Indus. Crops) 33(3):47–53. (in Korean with English abstract)

Perry, L. M. and J. Metzger. 1980. Medicinal Plants of East and Southeast Asia. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, MS, USA. 620 pp.

Phillips, W. A. and D. Von Tungein. 1986. Acute pulmonary edema and emphysema in steer fed old-world bluestem hay. Mod. Vet. Pract. 67:252–253.

Preston, K. 1998. The effects of developmental stage and source leaf position on integration and sectorial patterns of carbohydrate movement in an annual plant, *Perilla frutescens* (Lamiaceae). Amer. J. Bot. 85:1695–1703.

Ragazinskiene, O., V. Gailys, K. Jankauskiene, G. Simoniene, and V. Jurkstiene. 2004. Common perilla [*Perilla frutescens* (L.) Britton] as a perspective immuno-modulator. Medicina 40: 220–224.

Richardson, I. B. K. 1972. Perilla L. p.186–187. *in:* Flora Europaea. (T. G. Tutin, V. H. Heywood, N. A. Burges, D. H. Valentine, S. M. Walters, and D. A. Webb, eds.) 3rd ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Shu, Z. S. 1994. Perilla L. Vol. 17, p.241–242. *in:* Flora of China. (English version) I. Editorial Committee. Science Press and Missouri Botanical Garden Press. Beijing and St. Louis.

Suyama, K., M. Tamate, and S. Adachi. 1983. Color stability of shisonin, red pigment of a perilla (*Perilla ocimoides* L. var. crispa Benth.). Food Chem. 10:69–77.

Tabata, M. 1997. Chemotypes and pharmacological activities of Perilla. p.129–142. *in:* Perilla: the Genus Perilla. (K. Kosuna, M. Haga, and H. C. Yu, eds.) Harwood Academic Publishers. Amsterdam.

Tada, M., R. Matsumoto, and K. Chiba. 1996. An oxidative metabolite of perillaldehyde from *Perilla frutescens*. Phytochemistry 43:803–804.

Terao, J., A. Nagao, H. Suzuki, and M. Yamazaki. 1991. Effect of dietary fats (Perilla oil, lard, rapeseed oil) on peroxidizability of mouse brain lipids. J. Agric. Food Chem. 39:1477–1481.

Ueda, H. and M. Yamazaki. 1997. Inhibition of TNF-alpha production by orally administering a Perilla leaf extract. Biosci. Biotechnol. Biochem. 61:1292–1295.

Wilson, B. J., J. E. Garst, R. D. Linnabary, and R. B. Channell. 1977. A potent lung toxin from the mint plant, *Perilla frutescens* Britton. Science 197: 573–574.

Yamazaki, M. and H. Ueda. 1997. Anti-inflammatory and antiallergic activities of Perilla extract. p.47–54. *in:* Perilla: The Genus Perilla. (K. Kosuna, M. Haga, and H. C. Yu, eds.) Harwood Academic Publishers. Amsterdam.

Yu, H. C., A. Niskanen, and J. Paananen. 1997. Perilla and the treatment of allergy-a review. p.55–70. *in:* Perilla: The Genus Perilla. (K. Kosuna, M. Haga, and H. C. Yu, eds.) Harwood Academic Publishers. Amsterdam.

Zeevaart, J. A. D. 1969. Perilla. p.116–155. *in:* The Induction of Flowering: Some Case Histories. (L. T. Evans, ed.) Cornell Univ. Press. Ithaca, NY, USA.

Zeevaart, J. A. D. 1985. Perilla. p.239–252. *in:* CRC Handbook of Flowering. (A. H. Halevy, ed.) CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, USA.

紅葉紫蘇植株生長及葉片紫蘇醛之季節變化[1]

李裕娟[2] 楊純明[2,3]

摘 要

李裕娟、楊純明。2009。紅葉紫蘇植株生長及葉片紫蘇醛之季節變化。台灣農業研究 58:114–124。

紅葉紫蘇 [*Perilla frutescens* (L.) Britton] 係唇形科 (Lamiaceae) 原產亞洲之雙子葉植物，如今已廣泛分佈於包括臺灣在內之世界各地。欲將植物提升為農作物，殊有必要針對該植物生長行為及化學組成進行深入探討，以提供栽培管理與多元利用之參考。本研究調查紫蘇植株在 2004 年至 2006 年期間不同生同季節之生長性狀及葉片紫蘇醛濃度與含量季節變化，其中生長性狀以株高、葉面積指數 (leaf area index, LAI) 及植體地上部位 (葉片、莖桿) 鮮重為主。以種子育苗至五葉齡期，分別於 3 月 (Season I)、4 月 (Season II)、5 月 (Season III)、6 月 (Season IV) 及 7 月 (Season V) 進行移植工作，將苗株定植於試驗田間。葉片紫蘇醛濃度則以高效液體層析儀 (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) 予以分析。根據試驗結果，發現生長於相對較為冷涼之 Season I 植株之株高、LAI 及植體地上部位鮮重均高於相對較為溫暖之其他栽培季節 (Seasons II-V)，似乎溫暖環境相對較不利於植株生長。植株成熟時採收之種子生產量因栽培季節而異，惟以 Season V 收刈之種子量最低，然而其 500 粒種子重量最高。無論年份或季節，主桿節位伸出葉片之紫蘇醛濃度，以第 10 至第 15 節位之間為高原期，高於其他節位葉片之紫蘇醛濃度，呈現凸形曲線分佈。其等葉片之紫蘇醛含量，在各栽培季節亦呈現類似凸形曲線變化。又紫蘇醛含量於生育期間及不同栽培季節在主桿葉片及分支葉片會有不等之變化，因此考量兩者加總量後，建議以移植後 110–120 日期間為獲得葉片紫蘇醛最大收取量之最佳時期。

關鍵詞：生長性狀、葉片紫蘇醛、種子生產量、紫蘇 [*Perilla frutescens* (L.)]、栽培季節。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2357 號。接受日期：98 年 6 月 29 日。
2. 本所作物組助理研究員、研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：cmyang@tari.gov.tw；傳真機：(04)23317118。

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 58(2):125–135 (2009)

黑糯玉米農藝性狀之組合力分析 [1]

謝光照[2]

摘　　要

謝光照。2009。黑糯玉米農藝性狀之組合力分析。台灣農業研究 58:125–135。

以不同來源之黑糯玉米族群所選育之 11 個自交系及半互交 F_1 組合為材料進行組合力分析。所調查的農藝性狀包括開花期、吐絲期、株高、穗位高、果穗鮮重、穗長、穗徑及果穗行數等 8 個性狀。以 Griffing 之方法分析結果顯示黑糯玉米所調查的性狀，除受一般組合力效應 (GCA) 控制外，同時受特殊組合力效應 (SCA) 所控制，所有性狀之 GCA/SCA 均方比值均大於 1，均呈現一般組合力效應大於特殊組合力效應。親本 E14、J16、N4、K1-1 及 P12-1 等之果穗鮮重、穗長及穗徑具有較大之正效應值，表示自交系具有較多增加果穗鮮重、穗長及穗徑之累加性基因。雜交組合中，D1 × N4、E14 × J16、E14 × N4、H2 × N4、H2 × K1-1、J16 × N4、J16 × K1-1、J16 × O2、J16 × P12-1 及 N4 × K1-1 等組合具有較大的特殊組合力效應值，同時也有具較高的產量表現。以 Hayman 方法之分析結果顯示，果穗鮮重之 h^2/H_2 值為 5.79，表示有 6 個顯性基因群控制著其顯性效果的表現，而其相關係數為顯著負值 (-0.96)，此顯性基因為增量效應。

關鍵詞：黑糯玉米、組合力、鮮果穗重。

前　　言

黑糯為目前市場上流行的食用玉米之一，由於其胚乳所含的澱粉全部為支鏈性澱粉，煮熟後籽粒柔粘細膩，氣味清香，食之口感呈現香又 Q，故為許多消費者所喜歡。籽粒中含有天然黑色素，使其籽粒呈現紫黑色。黑色是由糊粉層所含的色素所決定。乳熟前期籽粒呈現正常的黃色 (或白色)，只有在乳熟後期黑色素逐漸形成，隨著成熟度的增加，籽粒色澤由淺變深，直至黑色。黑糯玉米除直接鮮食外，還可加工成營養粉、飲料及罐頭等食品，因此黑糯玉米的開發利用前景廣闊。

一般自交系組合力的檢定親，可以選擇遺傳基礎較廣的天然授粉品種、合成品種、雙雜交種進行頂交，淘汰大部分一般組合力較差的自交系，再以單交或測交法選出較優之雜交組合。Horner *et al*. (1972) 以自交系、單交種及合成品種當花粉親 (檢定親)，進行自交系組合力檢定，結果顯示籽粒產量的表現在三種不同類型的檢定親間，並沒有差異存在。同時自交系也可用於檢測一般組合力的改良效果 (Horner *et al*. 1973; Zambezi *et al*. 1986)。Darrah *et al.* (1972)、Comstock (1979) 與 Charcosset *et al.*

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2358 號。接受日期：98 年 6 月 29 日。
2. 本所作物組研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：x486045@tari.gov.tw；傳真機: (04)23399544。

(1990) 的研究均認為以自交系當檢定親比族群當檢定親具有較大的遺傳變異，可有效的鑑別受檢自交系組合力的高低。Sprague (1983) 的研究指出玉米基因之累加性及顯性作用通常較其它型式之基因作用為重要，而超顯性或上位性作用，雖在部分組合中出現，但就整個族群而言，則後二者之作用並不重要。

Mariani & Desiderio (1975) 以義大利的硬粒種族群所分離自交系之全互交組合為材料進行研究，認為產量及有關性狀共同受累加性及顯性基因之作用；而 Moreno-Gonzalez & Dudley (1981) 分析馬齒型及硬粒型種源間之雜交，結果發現顯性作用顯著大於累加性作用。而株高、開花期、百粒重與籽實產量等性狀，主要由非累加性成分所控制 (Lin & Chen 1986)。Lee *et al*. (1986) 指出一般硬粒種自交系具有較佳之一般組合力；馬齒種自交系則具有較佳的特定組力效應。而玉米的開花期、吐絲期、株高、穗位高、百粒重等之 GCA 及 SCA 均方均達極顯著，且 GCA/SCA 均方比值均大於 1，表示累加性及非累加性基因共同控制這些性狀，但以累加性均方所佔的比例較大；而籽粒產量的 GCA 及 SCA 均方均達顯著，其 GCA/SCA 均方比值小於 1，顯示籽粒產量以非累加性均方佔總遺傳變方中之較大比例。

本研究目的在探討所培育之黑糯自交系其組合力之差異，以作為黑糯育種上自交系與雜交種選拔之依據。

材料與方法

本試驗以黑糯不同來源之族群分離所選之 11 個自交系及其半全互交 55 個 F_1 雜種 (不含反交)，共計有 66 個基因型為材料。F_1 雜種與自交系分別種植於隔鄰之畦。田間試驗於 2005 年秋 (9 月 23 日播種) 在農試所進行。田間設計為逢機完全區集設計 (RCBD)，3 重複，F_1 為單行區，自交系為 3 行區，行長 4.5 m，行株距為 80 cm × 30 cm。三要素肥料量為 N：P_2O_5：K_2O = 200：90：60 kg/ha，基肥以台肥 39 號複合肥料 (N : P_2O_5 : K_2O = 12 : 18 : 12) 每公頃施 500 kg，即基肥施氮素 60 kg，磷肥 90 kg 及鉀肥 60 kg。其餘不足之氮素 140 kg 則以硫酸銨 (N = 21%) 於玉米長至齊膝期時當追肥施用。其餘之田間管理按實際需要進行之。

生育期間調查開花期、吐絲期、株高、穗位高、果穗鮮重、穗長、穗徑、果穗行數。其性狀之調查方法如下：(1) 開花期 (days to tasseling)：係指由播種日起至小區中 50%植株達雄穗始花所需之日數。(2) 吐絲期 (days to silking)：係指由播種日起至小區中 50%植株達雌穗開始吐絲所需之日數。(3) 株高 (plant height)：於植株雄穗開花後，每小區逢機 10 株，由地面至雄穗穗頸節之平均高度，以 cm 表示。(4) 穗位高 (ear height)：於雌穗吐絲後，每小區逢機 10 株，由地表至最上位雌穗著生節位之平均高度，以 cm 表示。(5) 果穗鮮重 (ear fresh weight)：逢機取出糊熟期之 5 個果穗，去苞葉稱其果穗鮮重，以 g/5 ears 表示。(6) 穗長 (ear length)：上述生理成熟期之 5 個烘乾果穗，量其整穗長度之平均值，以 cm 表示。(7) 穗徑 (ear diameter)：上述生理成熟期之 5 個逢機果穗中間部位寬度之平均值，以 mm 表示。(8) 果穗行數 (ear row number)：計數上述 5 個逢機果穗之行數，以 (No./ear) 表示。

所獲得之數據，以 Griffing (1965) 方法 3 模式 I 進行組合力分析，再以 Hayman (1954a, b) 進行去苞葉果穗鮮重遺傳介量之估算。各遺傳參數所代表意義如下：a (累加性作用) 顯著，表示親本間有極大之遺傳變異。b (顯性效果) 顯著，表示各雜交組合間有明顯之顯性效果。b_1 (平均顯性效果) 顯著，表示平均顯性效果對上述顯性效果有明顯影響，即遺傳因子為單向之作用。b_2 顯著，表示顯性效果是由遺傳因子頻度 (genetic frequency) 不相等所造成的。b_3 顯著，表示顯性效果係由特殊組合力 (specific combining ability) 所造成。D 為基因之累加性作用 (additive effect of gene)。H_1 為基因之顯性作用。H_2 為組合的顯性作用。D − H_1，正值表示性狀之因子作用為累加性效果大於顯性效

果；負值表示顯性效果大於累加性效果。E (環境作用) 顯著，表示性狀易受環境之影響。$(H_1/D)^{1/2}$ (平均顯性程度)，當大於 1.3 表示超顯性；介於 0.76–1.3 表示顯性；介於 0.26–0.75 為不完全顯性；小於 0.25 為無顯性。$H_2/4H_1$，表示親本正負效應基因之比值，當偏離 0.25 即表示其顯性作用大部分是正負效應基因頻度分布不均所造成。K_d/K_r (顯隱性基因之比值)，等於 1，表示顯隱性基因數目大約相等；大於 1，表示顯性基因數目多於隱性基因數目；小於 1，表示隱性基因較多。h^2/H_2 值，表示控制各性狀之顯性基因群數。親本間 Wr + Vr 值大小，表示親本間之顯性順序。Y 表示親本之外表型觀測值，而 Y 與 Wr + Vr 之相關係數 (r)，顯著負值表示顯性基因為增量基因；顯著正值表示顯性基因為減量基因；不顯著表示其顯性無一定作用方向。Wr/Vr 之迴歸線交於 W 軸原點以上，表示控制性狀之基因為不完全顯性；交於 Wr 軸原點上，表示為完全顯性基因控制；交於 W 軸原點下方，表示有超顯性之作用。

結　果

本研究以黑糯不同來源之族群所選育之 11 個自交系及其半互交 (55 個 F_1 雜種) 為材料，11 個自交系親本農藝性狀之平均值如表 1 所列，開花期之變異介於 55–62.6 天，吐絲期之變異介於 57–64.3 天，株高介於 110–166 cm，穗位高介於 32–83 cm，果穗鮮重介於 405–718 g/5 ear，穗長介於 12.0–18.0 cm，穗徑介於 32.6–40 mm，果穗行數介於 8–12 行，親本間性狀有明顯的變異存在。

F_1 雜交組合其開花期之變異介於 51.0 (A1 × O2)–58.0 (J16 × P12-1)，吐絲期之變異介於 57 (A1 × N4)–64.3 (B4 × P12-1、K1-1 × P12-1)，株高介於 155 cm (D1 × G5-1)–205 cm (J16 × P12-1)，穗位高介於 50 cm (D1 × G5-1)–116 cm (B4 × P12-1)。果穗鮮重之變異介於 579 g/5 ear (D1 × G5-1)–1224 g/5 ear (N4 × K1-1)，而雜交組合中，D1 × N4、E14 × J16、E14 × N4、E14 × K1-1、H2 × N4、H2 × K1-1、J16 × N4、J16 × K1-1、J16 × O2、J16 × P12-1、N4 × K1-1、N4 × P12-1、K1-1 × O2、K1-1 × O2 等組合具有較高的產量。穗長介於 14.9 cm (D1 × G5-1)–22.2 cm (N4 × K1-1)，穗徑介於 36.0 mm (H2 × O2)–45 mm (N4 × K1-1)，果穗行數介於 8 (D1 × P12-1)–13 行 (D1 × N4)，綜合各性狀顯示 F_1 雜交組合間存在明顯的差異 (表 2)。

表 1. 11 個親本農藝性狀之平均值

Table1. Means of agronomic characters of 11 parental lines

Parental line	Days to tasseling (d)	Days to silking (d)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/5 ears)	Ear length (cm)	Ear diameter (mm)	Ear row number (No./ear)
A1	56.0	58.3	133	50	447	14.6	33.6	9.3
B4	58.3	60.0	166	83	405	12.0	34.6	9.7
D1	58.0	60.0	110	32	387	12.3	33.6	10.6
E14	58.6	60.0	145	48	591	18.0	33.6	8.6
G5-1	55.0	57.0	135	38	568	15.0	35.3	10.0
H2	59.3	62.6	146	50	478	17.0	32.6	9.6
J16	62.6	64.3	121	38	656	17.6	34.6	9.3
N4	57.0	59.3	120	43	718	17.6	40.0	12.1
K1-1	61.3	63.3	126	42	608	17.3	35.6	8.5
O2	62.0	62.3	138	40	394	14.0	33.0	8.8
P12-1	60.0	63.0	160	72	607	16.4	35.6	10.5
$LSD_{0.05}$ [z]	2.6	2.6	19	22	167	1.5	2.8	2.5

[z] Critical value of least significant difference at 5% level.

表 2. F_1 單交組合農藝性狀之平均值

Table 2. The F_1 hybrid means of agronomic characters

Hybrid	Days to tasseling (d)	Days to silking (d)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/5 ears)	Ear length (cm)	Ear diameter (mm)	Ear row number (No./ear)
A1 × B4	54.3	55.6	176	78	694	16.4	38.0	10.0
A1 × D1	51.3	52.6	161	68	673	15.1	38.0	11.2
A1 × E14	51.6	53.0	158	61	874	18.4	39.3	10.6
A1 × G5-1	52.6	54.0	168	60	813	16.8	39.0	10.6
A1 × H2	53.3	55.0	160	71	846	19.2	38.3	10.1
A1 × J16	54.0	54.6	168	75	910	19.5	39.0	9.4
A1 × N4	52.0	53.0	166	70	924	19.2	42.0	11.7
A1 × K1-1	54.3	55.3	168	70	933	18.9	40.0	9.2
A1 × O2	51.0	53.6	173	71	814	18.0	38.6	9.3
A1 × P12-1	54.0	55.6	171	83	816	18.4	38.3	10.1
B4 × D1	55.6	57.0	171	60	604	14.4	37.6	10.8
B4 × E14	56.3	57.6	201	100	862	19.0	39.0	8.9
B4 × G5-1	56.0	57.3	188	86	702	15.4	37.6	10.6
B4 × H2	56.6	58.6	201	100	777	17.7	37.6	10.0
B4 × J16	57.6	59.3	195	93	888	18.3	39.0	9.8
B4 × N4	55.3	55.6	185	93	913	19.1	42.3	12.2
B4 × K1-1	56.6	58.3	198	95	971	18.4	41.3	8.9
B4 × O2	55.5	55.3	195	95	772	17.4	39.0	8.2
B4 × P12-1	57.3	59.6	218	116	776	17.5	39.0	10.9
D1 × E14	52.6	53.6	160	65	821	17.6	38.3	10.0
D1 × G5-1	54.6	56.3	155	50	579	14.9	35.6	10.8
D1 × H2	55.0	56.0	161	61	809	17.9	38.3	10.8
D1 × J16	54.6	55.3	165	65	916	17.1	41.3	10.9
D1 × N4	53.3	54.6	161	66	1019	19.6	44.3	13.0
D1 × K1-1	54.6	55.6	158	56	911	18.5	40.0	9.2
D1 × O2	54.0	55.0	160	53	720	15.4	38.6	9.2
D1 × P12-1	54.6	55.6	165	70	810	16.8	40.3	8.0
E14 × G5-1	54.3	56.6	181	71	853	18.2	37.6	10.5
E14 × H2	55.3	55.6	183	80	955	21.8	39.0	10.4
E14 × J16	56.3	57.3	178	78	1127	21.6	41.0	9.8
E14 × N4	54.3	55.3	180	85	1168	21.9	43.3	12.1
E14 × K1-1	55.6	57.6	181	76	1009	21.6	40.6	8.9
E14 × O2	55.3	56.0	190	93	852	18.8	38.0	8.5
E14 × P12-1	55.6	57.3	201	100	985	20.7	39.3	9.6
G5-1 × H2	56.0	57.3	183	76	760	17.5	37.0	10.9
G5-1 × J16	55.0	56.6	175	68	911	18.4	38.6	9.9
G5-1 × N4	53.6	54.6	168	63	952	19.5	41.6	11.6
G5-1 × K1-1	55.0	56.3	176	68	873	18.9	39.0	8.8
G5-1 × O2	55.0	55.6	168	70	766	17.1	38.0	9.4
G5-1 × P12-1	55.0	58.0	191	85	804	17.6	38.6	11.3
H2 × J16	55.3	56.6	166	63	995	20.6	40.0	10.5
H2 × N4	54.0	55.3	168	70	1141	21.8	43.3	12.9
H2 × K1-1	55.6	58.0	176	73	1054	21.5	41.3	10.1
H2 × O2	54.6	56.3	180	73	683	18.3	36.0	8.1
H2 × P12-1	55.3	58.6	178	81	852	20.4	38.6	9.8
J16 × N4	55.3	56.0	180	81	1213	21.4	44.0	12.5
J16 × K1-1	56.6	58.0	175	76	1193	20.6	44.3	9.3
J16 × O2	57.6	57.6	195	83	1003	19.8	40.3	7.2
J16 × P12-1	58.0	59.0	205	95	1086	20.6	40.0	10.0
N4 × K1-1	54.0	55.3	170	70	1224	22.2	45.0	11.0
N4 × O2	54.6	55.0	178	73	877	19.8	40.3	10.2
N4 × P12-1	54.6	56.6	168	73	1009	21.0	43.0	12.6
K1-1 × O2	56.3	57.6	188	71	999	18.6	42.0	8.8
K1-1 × P12-1	57.0	59.6	175	78	1033	20.2	41.3	9.6
O2 × P12-1	56.0	57.3	193	86	816	17.1	40.0	9.6
$LSD_{0.05}$ [z]	2.6	2.6	19	22	167	1.5	2.8	2.5

[z] Critical value of least significant difference at 5% level.

經組合力分析顯示開花期、吐絲期、株高、穗位高、去苞葉果穗鮮重、穗長、穗徑、果穗行數等一般組合力 (GCA) 均達極顯著之差異，而開花期、吐絲期、株高、穗位高、去苞葉果穗鮮重、穗長、穗徑等特殊組組合力亦達極顯著之差異；其 GCA/SCA 比值在所調查之性狀均大於 1，其值介於 2.51–16.20，顯示這些性狀的遺傳效應以一般組合力佔較大部份 (表 3)。

11 個親本之一般組合力之效應估值列於表 4，在開花期及吐絲期方面，親本 B4、H2、J16、K1-1 及 P12-1 等為正效應，表示自交系帶有較多延緩開花期及吐絲期之累加性基因，其餘親本則帶有提早開花期及吐絲期之累加性基因。在株高及穗位高方面，親本 B4、E14、O2 及 P12-1 等為正效應，表示自交系帶有較多增高株高及穗位高之累加性基因，其餘親本則帶有降低株高及穗位高之累加性基因。在果穗鮮重方面，親本 E14、J16、N4、K1-1 及 P12-1 等為正效應，表示自交系帶有較多增加果穗鮮重之累加性基因，其餘親本則帶有減少果穗鮮重之累加性基因。在穗長及穗徑方面，親本 J16、N4、K1-1、P12-1 同時帶有增加穗長及穗徑之累加性基因；而親本 E14 及 H2 則帶有增加穗長及減少穗徑之累加性基因。在果穗行數方面，D1 及 N4 則帶有增加籽粒行數之累加性基因。

表 3. 黑糯玉米農藝性狀組合力之變方分析

Table 3. Aanlysis of variance for agronomy characters of the 11 × 11 diallel set

Source	df	Mean squares							
		Days to tasseling	Days to silking	Plant height	Ear height	Ear fresh weight	Ear length	Ear diameter	Ear row number
GCA	10	20.56**	15.66**	1041**	928**	1080**	22.67**	22.13**	7.29**
SCA	55	8.17**	4.48**	340**	176**	266**	2.08**	5.42**	0.45
Error	130	2.15	0.89	50	60	36	0.32	1.05	0.86
GCA/SCA		2.51	3.49	3.06	5.27	4.06	10.89	4.08	16.20

** Significant at 1% level.

表 4. 親本農藝性狀之一般組合力效應估值

Table 4. Estimated values of general combining ability effects for agronomy characters of 11 parental inbreds in the 11 × 11 diallel set

Parental line	Days to tasseling (d)	Days to silking (d)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/5 ear)	Ear length (cm)	Ear diameter (mm)	Ear row number (No./ear)
A1	-2.92	-1.97	-8.4	-4.0	-64.8	-0.75	-0.77	-0.01
B4	0.99	0.74	16.5	17.1	-97.7	-1.64	-0.62	-0.09
D1	-0.62	-0.99	-16.1	-14.0	-107.5	-2.07	-0.62	0.30
E14	0.02	-0.27	4.3	3.5	50.0	1.27	-0.39	-0.34
G5-1	-0.46	-0.61	-1.8	-6.5	-68.0	-1.12	-1.11	0.24
H2	0.40	0.69	0.2	-0.8	-15.8	0.90	-1.00	0.12
J16	1.63	1.10	-0.2	-0.4	116.0	1.09	0.68	-0.08
N4	0.72	-1.12	-6.4	-2.2	141.6	1.68	3.17	1.77
K1-1	1.07	1.05	-2.2	-3.2	106.1	1.15	1.40	-0.79
O2	0.39	-0.04	3.6	0.8	-72.7	-0.83	-0.85	-1.22
P12-1	0.99	1.43	10.6	11.6	12.8	0.32	0.14	0.10
SE (g_i-g_j) [z]	0.41	0.36	2.7	3.6	23.6	0.22	0.40	0.31

[z] Standard error of GCA between i and j parental lines.

全互交分析之特定組合力效應值 (表 5)，可看出雜交組合中，A1 × G5-1、A1 × O2、B4 × K1-1、B4 × O2、D1 × N4、E14 × J16、E14 × N4、H2 × N4、H2 × K1-1、J16 × N4、J16 × K1-1、J16 × O2、J16 × P12-1、N4 × K1-1 及 K1-1 × O2 等在株高、穗位高、果穗鮮重、穗長及穗徑具有正且較大的特定組合力效應值，顯示這些雜交組合帶有較多增值之非累加性基因。

雜交組合的平均雜種優勢值 (表 6)，可看出開花期與吐絲期具有較小的平均雜種優勢值之變異範圍，其次為株高、穗長、穗徑則具有中等的平均雜種優勢值之變異範圍；而穗位高、果穗鮮重與籽行數則具有較大之平均雜種優勢值之變異範圍。針對果穗鮮重之表現，雜交組合 A1 × O2、B4 × K1-1、B4 × O2、H2 × N4、H2 × K1-1、J16 × O2 及 K1-1 × O2 等則具有 90%以上之平均雜種優勢值。

黑糯玉米 11 × 11 半全互粒交之 F_1 雜交種及親本材料，去苞葉果穗鮮重經刪掉非均質的親本後 (J16、N4)，利用 Hayman 之方法進行變方分析之結果 (表 7)，顯示果穗鮮重其 a (累加性作用)、b (顯性效果)、b_1 (平均顯性效果對顯性效果之影響)、b_2 (基因頻度分布不均對顯性效果之影響) 及 b_3 (特殊組合力對顯性效果之影響) 皆達極顯著；而各性狀之 a 均方值大於 b 均方值約 3.5 倍。而變方的趨勢呈 $b_1 > b_3 > b_2$ 大小之順序，性狀一般存在顯性效果，但因自交系之不同而有異，並存在具有較大顯性效果之組合。

估計其遺傳成分之結果 (表 8)，發現果穗鮮重之 D (基因的累加性作用)、H_1 (基因的顯性作用)、H_2 (雜交組合造成的顯性作用)、h^2 (所有雜交組合之顯性效應) 等遺傳組成分，均達極顯著。顯示這些性狀的表現，除受累加性基因控制外，同時受複雜的顯性基因所控制，而且其基因的顯性效果大於基因的累加性效果。由表 8 也可看出果穗鮮重的 $(H_1/D)^{1/2}$ 值為 2.77，大於 1.4 呈超顯性；果穗鮮重之 $H_2/4H_1$ 值均偏離 0.25，表示正效應與負效應基因分布不均；其 K_d/K_r 接近於 0.8，表示以顯性基因居多。其 h^2/H_2 值介於 5.79，表示有 6 個顯性基因群來控果穗鮮重顯性效果之表現。果穗鮮重的狹義遺傳率 40.79%，而其 $(Wr + Vr)/Y_r$ 相關係數為 -0.96，即表示顯性基因為增量基因。

討 論

Griffing (1956) 之組合力分析法，將親本之組合力分為一般組合力 (GCA) 及特定組合力 (SCA) 二種。GCA 主要係受基因之累加性效應所作用，SCA 則受基因之顯性效應或非等位基因間之相互作用所影響 (Sprague & Tatum 1942)。而 Rojas & Sprague (1952) 則指出 GCA 變方與 SCA 變方的大小可用於決定基因作用的形式，GCA 變方通常包括累加性變方，而 SCA 變方則包括非累加性的作用。本研究以黑糯為材料進行組合力分析，顯示黑糯產量及其它農藝性狀同時受 GCA 及 SCA 共同控制，其 GCA/SCA 比值均大於 1，顯示這些性狀的遺傳效應以 GCA 為主導，主要以累加性效應為主，此結果與 Mariani & Desiderio (1975) 相類似；但去苞果穗鮮重的表現與 Lee *et al.* (1986) 飼料玉米籽粒產量之結果稍有不同，可能係因材料類型及取樣時期不同所致。

玉米自交系本身的產量與 SCA 及 GCA 間無顯著的相關存在 (Lin & Chen 1986)。因此自交系潛力的評估，根據外部形態之選拔，並不能確定其雜交種一定具有高產，必須經由測交的評估 (Gama & Hullauer 1977)。優良親本的選拔通常係採用組合力檢定法，最終目的在尋找具有最高雜種優勢之親本組合。本分析結果顯示，所使用的黑糯自交系中，以親本 J16、N4、K1-1 及 P12-1 在穗長、穗徑及果穗鮮重等為大且正效應，表示這幾個自交系帶有較多增加穗長、穗徑及果穗鮮重之累加性基因，為此批材料中較為優良之自交系，可作為黑糯育種中之重要材料。

表 5. 單交組合農藝性狀之特殊組合力效應

Table 5. Estimated values of specific combining ability effects for agronomy characters of 55 combinations in the 11 × 11 diallel set

Hybrid	Days to tasseling (d)	Days to silking (d)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/5 ears)	Ear length (cm)	Ear diameter (mm)	Eae row number (No./ear)
A1 × B4	0.87	-0.18	-2.22	-6.62	20.2	0.57	0.39	0.05
A1 × D1	-0.51	-1.44	-15.47	14.52	9.1	-0.32	0.39	0.79
A1 × E14	-0.82	-1.82	-8.37	-9.70	52.4	-0.40	1.49	0.90
A1 × G5-1	0.66	-0.49	7.77	-1.23	109.8	0.46	1.88	0.31
A1 × H2	0.46	-0.80	-2.60	4.65	90.7	0.82	1.11	-0.09
A1 × J16	-0.10	-1.54	6.23	7.60	22.4	0.90	0.08	-0.55
A1 × N4	0.25	-0.98	10.72	4.40	11.2	-0.01	0.59	-0.15
A1 × K1-1	0.79	-0.82	8.16	5.42	55.7	0.24	0.36	-0.11
A1 × O2	-1.50	-1.39	7.26	4.65	115.6	1.36	1.29	0.45
A1 × P12-1	0.53	-0.88	-1.32	3.88	31.6	0.60	-0.04	-0.08
B4 × D1	-0.10	0.17	0.47	-14.95	-27.0	-0.09	-0.09	0.47
B4 × E14	-0.07	0.11	9.95	7.47	73.6	1.15	1.00	-0.74
B4 × G5-1	0.07	0.11	2.77	4.27	31.7	-0.04	0.39	0.39
B4 × H2	-0.12	0.14	14.05	11.83	54.6	0.18	0.29	-0.15
B4 × J16	-0.35	0.40	7.90	4.78	28.0	0.60	-0.06	-0.06
B4 × N4	-0.33	-1.03	4.05	6.58	33.0	0.81	0.77	0.46
B4 × K1-1	-0.79	-0.54	13.16	9.27	125.9	0.61	1.54	-0.29
B4 × O2	-1.00	-2.44	3.93	6.83	105.8	1.59	1.47	-0.53
B4 × P12-1	-0.05	0.40	20.34	16.06	24.8	0.56	0.47	0.80
D1 × E14	-2.12	-2.13	0.98	3.63	41.8	0.18	0.34	-0.07
D1 × G5-1	0.35	0.86	2.13	-1.23	-81.7	-0.14	-1.60	0.13
D1 × H2	-0.17	-0.77	6.75	4.65	96.4	0.81	0.95	0.25
D1 × J16	-1.74	-1.85	10.59	7.60	70.8	-0.17	2.26	0.60
D1 × N4	-0.71	-0.29	13.41	11.06	148.9	1.77	2.77	0.86
D1 × K1-1	-1.17	-1.47	5.85	2.09	76.4	1.16	0.21	-0.42
D1 × O2	-0.38	-1.03	1.62	-3.67	64.3	0.08	1.13	0.00
D1 × P12-1	-1.10	-1.85	-0.29	0.55	68.4	0.32	1.80	-2.52
E14 × G5-1	-0.61	0.47	8.29	2.86	34.5	-0.15	0.16	0.51
E14 × H2	-0.48	-0.82	7.90	5.42	84.4	1.40	1.39	0.50
E14 × J16	-0.71	0.57	3.41	3.37	123.8	0.94	1.70	0.18
E14 × N4	-0.35	0.34	11.23	11.83	140.2	0.69	1.54	0.58
E14 × K1-1	-0.82	-0.18	8.67	4.52	16.4	0.89	0.64	-0.04
E14 × O2	0.30	-0.75	11.11	18.76	38.3	0.07	0.23	-0.01
E14 × P12-1	-0.74	-0.90	15.85	12.99	86.0	0.85	0.57	-0.28
G5-1 × H2	0.66	0.17	14.05	12.22	7.5	-0.52	0.11	0.43
G5-1 × J16	-1.56	-0.90	6.23	3.50	26.2	0.14	0.08	-0.41
G5-1 × N4	-0.53	-0.67	5.72	0.29	42.6	0.69	0.59	-0.54
G5-1 × K1-1	-1.00	-1.18	9.82	6.32	-1.1	0.62	-0.29	-0.77
G5-1 × O2	0.46	-0.75	-4.40	5.55	70.4	0.81	0.95	0.32
G5-1 × P12-1	-0.92	0.09	12.00	8.11	23.4	0.18	0.62	0.85
H2 × J16	-2.10	-2.21	-4.14	-7.26	58.4	0.37	1.31	0.37
H2 × N4	-1.07	-1.31	3.67	1.19	178.8	0.99	2.16	0.91
H2 × K1-1	-1.20	-0.82	7.77	5.55	127.7	1.18	1.93	0.68
H2 × O2	-0.74	-1.39	5.21	3.11	-65.0	-0.02	-1.14	-0.88
H2 × P12-1	-1.46	-0.54	-5.37	-0.98	18.6	0.94	0.52	-0.48
J16 × N4	-0.97	-1.05	15.85	12.47	118.6	0.40	1.13	0.72
J16 × K1-1	-1.43	-1.23	6.62	8.50	132.7	0.13	3.23	0.09
J16 × O2	1.02	-0.47	20.72	12.73	123.3	1.31	1.49	0.39
J16 × P12-1	-0.02	-0.62	23.80	11.96	120.7	0.95	0.16	-0.13
N4 × K1-1	-1.74	-1.67	7.77	3.63	140.1	1.14	1.41	-0.03
N4 × O2	0.38	-0.90	10.21	4.52	-27.8	0.66	-0.99	-0.40
N4 × P12-1	-1.00	-0.72	-6.70	-7.90	18.1	0.77	0.67	0.66
K1-1 × O2	0.25	-0.41	15.98	3.88	129.2	0.00	2.44	0.70
K1-1 × P12-1	-0.46	0.09	-4.27	-1.88	78.0	0.50	0.77	0.20
O2 × P12-1	0.00	-1.13	8.16	4.01	39.9	-0.64	1.70	0.60
SE (S_{ij}-S_{ik}) [z]	1.49	1.28	9.64	10.60	82.0	0.77	1.39	0.77
SE (S_{ij}-S_{kl}) [y]	1.43	1.22	9.23	10.10	78.5	0.74	1.33	1.21

[z] Standard error of SCA in the ith female parent with the jth and kth male parents.
[y] Standard error of SCA in the i × j hybrid between k × l hybrids.

表 6. 玉米單交組合農藝性狀之平均雜種優勢值 (%)

Table 6. Heterosis value (%) for agronomic characters of maize

Hybrid	Days to tasseling	Days to silking	Plant height	Ear height	Ear fresh weight	Ear length	Ear diameter	Ear row number
A1 × B4	-4.9	-5.9	17.7	17.5	62.7	23.5	11.2	5.5
A1 × D1	-9.9	-10.9	32.8	67.3	61.2	12.0	12.8	12.0
A1 × E14	-9.8	-10.4	13.7	25.4	68.4	12.6	16.8	18.5
A1 × G5-1	-5.6	-6.3	25.4	35.8	60.1	13.7	13.0	10.3
A1 × H2	-7.5	-9.0	14.2	43.3	82.8	21.6	15.5	7.0
A1 × J16	-8.9	-10.8	32.0	69.8	64.9	20.8	14.1	1.4
A1 × N4	-7.9	-9.9	31.5	50.0	58.6	18.7	14.0	9.3
A1 × K1-1	-7.3	-9.0	29.4	52.7	76.8	18.3	15.3	2.9
A1 × O2	-7.2	-11.0	27.6	59.2	93.6	26.0	16.0	12.0
A1 × P12-1	-6.8	-8.2	17.0	36.9	54.8	18.8	10.5	2.0
B4 × D1	-4.2	-5.0	24.0	4.3	52.3	18.9	10.2	5.8
B4 × E14	-3.7	-3.8	29.4	51.8	73.1	27.1	14.1	-2.8
B4 × G5-1	-1.7	-1.9	24.8	42.4	44.2	14.5	7.6	8.1
B4 × H2	-3.6	-4.3	28.7	50.0	75.8	22.2	11.8	3.4
B4 × J16	-4.6	-4.5	35.2	53.4	66.3	23.5	12.4	3.4
B4 × N4	-4.0	-6.7	29.0	47.3	62.6	28.9	13.3	12.1
B4 × K1-1	-5.2	-5.4	35.2	52.0	91.5	25.4	17.5	-2.1
B4 × O2	-8.5	-9.5	27.8	54.0	93.0	33.8	15.2	-3.1
B4 × P12-1	-3.0	-2.9	33.6	50.5	53.3	23.4	10.9	7.8
D1 × E14	-9.7	-10.5	25.4	62.5	67.7	16.4	13.8	3.4
D1 × G5-1	-3.8	-3.7	26.5	42.8	21.1	9.2	3.3	4.5
D1 × H2	-6.2	-8.6	25.9	51.0	86.9	22.2	15.5	6.5
D1 × J16	-9.3	-10.9	42.4	85.7	75.4	14.2	20.9	9.3
D1 × N4	-7.2	-8.3	40.5	77.7	84.4	31.1	20.3	14.6
D1 × K1-1	-8.3	-9.7	33.8	54.5	83.0	24.9	15.3	-4.1
D1 × O2	-10.0	-10.0	28.8	48.8	84.3	17.4	16.0	2.2
D1 × P12-1	-7.3	-9.4	22.2	35.4	62.8	17.4	16.3	-24.5
E14 × G5-1	-4.9	-3.1	29.7	65.3	47.1	10.7	9.1	12.8
E14 × H2	-6.2	-7.6	25.7	62.7	78.6	24.9	17.5	13.8
E14 × J16	-7.1	-7.7	33.7	80.7	80.6	21.1	19.9	9.6
E14 × N4	-6.0	-7.2	35.8	85.4	78.5	22.9	17.6	16.6
E14 × K1-1	-7.2	-6.4	33.7	70.3	68.3	22.2	17.3	3.8
E14 × O2	-8.2	-8.4	34.1	111.3	73.0	17.5	13.9	6.6
E14 × P12-1	-6.1	-6.7	32.2	66.6	64.5	20.5	13.4	0.0
G5-1 × H2	-2.6	-4.1	30.1	73.5	45.1	9.5	8.8	11.5
G5-1 × J16	-7.0	-6.5	36.3	78.2	48.7	12.6	10.4	2.0
G5-1 × N4	-4.7	-6.0	32.0	55.1	48.7	19.5	10.6	4.8
G5-1 × K1-1	-5.9	-6.3	35.0	70.8	48.4	17.1	9.8	-5.0
G5-1 × O2	-6.5	-6.7	23.1	78.7	59.1	18.1	11.2	9.2
G5-1 × P12-1	-4.8	-3.3	29.9	54.5	36.8	12.5	8.9	10.3
H2 × J16	-9.2	-10.7	24.2	43.3	75.3	19.2	18.8	11.2
H2 × N4	-7.1	-9.2	26.2	50.0	90.7	26.1	19.2	19.0
H2 × K1-1	-7.7	-7.9	29.2	59.9	94.0	25.4	20.9	11.7
H2 × O2	-9.8	-9.8	26.3	62.9	56.5	18.2	9.6	-3.9
H2 × P12-1	-7.2	-6.6	16.3	34.2	56.9	22.5	13.1	-1.9
J16 × N4	-7.5	-9.4	48.9	100.0	76.5	21.5	17.8	16.7
J16 × K1-1	-8.6	-9.1	40.9	91.6	88.4	18.0	26.0	4.4
J16 × O2	-7.4	-8.9	50.0	112.7	91.0	25.4	19.2	10.4
J16 × P12-1	-5.3	-7.3	45.5	72.7	71.0	21.3	13.7	0.6
N4 × K1-1	-8.7	-9.7	37.8	64.7	84.6	27.2	18.9	7.0
N4 × O2	-8.1	-9.5	38.0	76.0	57.8	25.0	10.5	5.4
N4 × P12-1	-6.5	-7.3	20.2	27.5	52.3	23.6	13.6	11.7
K1-1 × O2	-8.6	-8.2	42.1	75.5	99.7	18.7	22.3	10.9
K1-1 × P12-1	-6.0	-5.5	22.0	38.2	70.0	20.1	15.8	1.0
O2 × P12-1	-8.1	-8.5	29.6	55.2	63.1	12.7	16.5	7.4
Minium	-10.0	-10.7	13.7	4.3	21.1	9.2	3.3	-24.5
Maximum	-1.7	-1.9	50.0	112.7	94.0	28.9	26.0	19.0

表 7. 去苞葉果穗重之變方分析

Table 7. Analysis of variance for ear fresh weight of the diallel cross set

Source	df	Mean squares
Block	2	3850
Treatment	80	68836**
a	8	286548**
b	36	89291**
b_1	1	2551638*
b_2	8	31323**
b_3	27	15269**
Error	160	2363

*, ** Significant at 5% and 1% level, respectively.

表 8. 果穗性狀之遺傳成分估值

Table 8. Estimated values of the genetic variance components in the diallel crosses set

Genetical component	Estimated value
D	8482**
H_1	65460**
H_2	57952**
h^2	335706**
F	-5059
E	787
$(H_1/D)^{1/2}$	2.77
$H_2/4H_1$	0.22
K_d/K_r	0.80
h^2/H_2	5.79
Heritability (%)	40.79
r of (Wr + Vr)/Yr	-0.96

** Significant at 1% level of probability.
r: correlation coefficient.

經由平均值與 SCA 效應值兩者綜合比較，顯示雜交組合中，D1 × N4、E14 × J16、E14 × N4、H2 × N4、H2 × K1-1、J16 × N4、J16 × K1-1、J16 × O2、J16 × P12-1 及 N4 × K1-1 等雜交組合，在去苞葉果穗鮮重方面具有較大的 SCA 效應值，同時也具有較高的產量表現，為本研究中表現較佳之雜交組合。

黑糯玉米重要農藝性狀之遺傳介量與基因效應之分析，以 Hayman (1954a, b) 方法分析結果，發現果穗鮮重係由累加性與顯性效果共同控制，其中顯性效果係由基因平均顯性效果，頻度分布不均及 SCA 等共同控制。果穗鮮重若以 $D-H_1$ 的正負值為指標，則呈現基因顯性效果大於累加性效果，本試驗之結果與飼料玉米 (Lee *et al.*1989)，台南白果穗乾重及籽乾重之顯性作用係由 6 群超顯性基因所控制 (Shieh & Thseng 2002) 等結果相似，其顯性基因均為增量基因 (Juang 1989; Chen *et al.* 1996; Shieh & Thseng 2002)。

由狹義遺傳率的估算，顯示果穗鮮重之狹義遺傳率偏低 (0.408)，係屬於數量遺傳之微效基因所控制。因此未來在黑糯玉米之育種中，由這些性狀的基因效應分析與雜種優勢之表現，可知須採用組合較多有利基因的育種方法較為有利，如輪迴選種法進行族群改良，通過基因間充分重組，不斷累積有利之累加性及非累加性基因，來創造更優異的改良族群。此改良過的族群，或可直接推廣給農民栽培；或由此改良過的族群進行自交系之分離選拔，再經組合力檢定，選出較優之 F_1 雜種供推廣栽培之用。

引用文獻 (Literature cited)

Charcosset, A., M. Lefort-Buson, and A. Gallais. 1990. Use of top-cross designs for predicting performance of maize single cross hybrids. Maydica 35:23–27.

Chen, L., S. P. Cui, and Y. B. Sun. 1996. Gene effect analysis of ear characters in corn. Acta Agric. Boreali-Sinica 11:28–32.

Comstock, R. E. 1979. Inbred lines vs the population as tester in reciprocal recurrent selection. Crop Sci. 19:881–886.

Darrah, L. L., S. A. Eberhart, and L. H. Penny. 1972. A maize breeding methods study in Kenya. Crop Sci. 12:605–608.

Horner, E. S., H. W. Lundy, M. C. Lutrick, and W. H. Chopman. 1973. Comparison of the three method of recurrent selection in maize. Crop Sci. 13: 485–489.

Horner, E. S., W. H. Chapman, H. W. Lundy, and M. C. Lutrick. 1972. Commercial utilization of the products of recurrent selection combining ability in maize. Crop Sci. 12:602–604.

Gama, E. E. G. and A. R. Hallauer. 1977. Relation between inbred and hybrid traits in maize. Crop Sci. 17: 703–706.

Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9:463–493.

Hayman, B. I. 1954a. The analysis of variance of diallel table. Biometrics 10:235–244.

Hayman, B. I. 1954b. The theory and analysis of diallel crosses. Genetics 39:789–809.

Juang, J. R. 1989. Genetics and Growth Characteristics of Maize Hybrid Combinations from Flint and Dent Kernel Forms. Dr. Thesis, Graduate Institute of Food Crops, Natl. Chung-Hsing Univ. 130 pp.

Lee, T. C., G. J. Shieh, C. L. Ho, and J. C. Juang. 1986. Analysis of diallel sets of dent and flint maize inbreds for combining ability and heterosis. J. Agric. Res. China 35:145–164.

Lin, S. F. and C. Chen. 1986. Studies on combining ability of major agronomic characters in maize (*Zea mays* L.). J. Agric. Assoc. China 136:6–14.

Mariani, G. and E. Desiderio. 1975. Grain yield and prolificacy. 2. A diallel analysis of eight inbred from the O. P. variety Nostrano Dell'isola at two densities. Maydica 20:95–110.

Moreno-Gonzalez, J. and J. W. Dudley. 1981. Epistasis in related and unrelated maize hybrids. Crop Sci. 21:644–651.

Rojas, B. A. and G. F. Sprague. 1952. A comparison of variance component in corn yield trials: Ⅲ. General and specific combining ability and their interaction with locations and years. Agron. J. 44: 462–466.

Shieh, G. J. and F. S. Thseng. 2002. Diallel analysis of yield and other agronomic characters in Tainan-white maize (*Zea mays* L.) population. J. Agric. Assoc. China 3:445–453.

Sprague, G. F. 1983. Heterosis in maize: theory and practic. p.71–93. *in*: Heterosis: Reappriaisal of Theory and Practices. (Frande, R., ed.). Springer-Verlage. Berlin.

Sprague, G. E. and L. A. Tatum. 1942. General and specific combining ability in single crosses of corn. J. Am. Soc. Agron. 34:923–932.

Zambezi, B. T., E. S. Horner, and F. G. Martin. 1986. Inbred lines as tester for general combining ability in maize. Crop Sci. 26:908–910.

Diallel Analysis on the Yield and Agronomic Characters of Purple-Glutinous Maize (*Zea mays* L.) [1]

Guang-Jauh Shieh [2]

Abstract

Shieh, G. J. 2009. Diallel analysis on the yield and agronomic characters of purple-glutinous maize (*Zea mays* L.). J. Taiwan Agric. Res. 58:125–135.

This experiment was conducted for the purpose of investigating the quantitative inheritance of yield and other agronomic characters of purple-glutinous maize. A half set of diallel cross combined from eleven maize (*Zea mays* L.) inbred lines derived from different purple-waxy populations were used to investigate inheritance of yield and other agronomic characters for 11 × 11 diallel set. The investigated data were analyzed by means of Griffing's and Hayman's diallel analysis methods. Characters under analysis included days to tasseling, days to silking, plant height, ear height, ear fresh weight, ear length, ear diameter, and kernel number per ear, etc. The Griffing's combining ability analysis results indicated the additive gene effect and non-additive gene effects (dominance effect) were significantly for all the agronomic characters. Additive effect larger than dominance effects in was observed all of the agronomic characters. The inbred lines, E14, J16, N4, K1-1, and P12-1 had the positive general combining ability in the ear fresh weight, ear length, and ear diameter, and that can be used in hybrid breeding program in future. The hybrid crosses, D1 × N4, E14 × J16, E14 × N4, H2 × N4, H2 × K1-1, J16 × N4, J16 × K1-1, J16 × O2, J16 × P12-1, and N4 × K1-1 had larger average values, and positive specific combining ability in the ear fresh weight. The h^2/H_2 value of ear fresh weight was 5.79 indicating the traits was controlled by about 6 gene groups, and those dominant genes generally acted toward increasing the value.

Key words: Purple-glutinous maize, Combining ability, Ear fresh weight.

1. Contribution No.2358 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: June 29, 2009.
2. Agronomist, Crop Science Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail: x486045@tari.gov.tw; Fax: (04)23399544.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 58(2):136–145 (2009)

三種植物油對二點葉蟎之致死效果[1]

余志儒[2,4] 陳炳輝[3]

摘 要

余志儒、陳炳輝。2009。三種植物油對二點葉蟎之致死效果。台灣農業研究 58:136–145。

在室內 25℃ ± 1℃下測試三種植物油，椰子油、棕櫚油及菜籽油對二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch) 的致死效果。三種植物油分別與 HLB 值為 5.3、10.8 及 6.7 非離子介面活性劑以 1：1 (V/V) 混合，介面活性劑用 Span 80 與 Tween 80 調製。結果顯示椰子油、棕櫚油及介面活性劑確實具有殺蟎能力，菜籽油則幾乎沒有，致死效果可能與飽和脂肪酸的含量有關。三種植物油的 LC_{50} 在處理後 72 小時分別為 2.23、2.59 及 3.66 mL/L，LC_{90} 分別為 10.62、7.53 及 17.82 mL/L。介面活性劑的殺蟎效果與 HLB 值的大小似乎無關，除 10 mL/L 濃度在處理後 24 小時與 20 mL/L 濃度在處理後 72 小時之外，餘皆無顯著差異。本試驗結果顯示椰子油與棕櫚油在二點葉蟎的防治上具有發展潛力，可供相關研究做參考。

關鍵詞：二點葉蟎、椰子油、棕櫚油、油菜油、介面活性劑 HLB 值。

前 言

二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch) 是草莓、茄子、梨、桃、木瓜、桑樹、玫瑰、菊花等經濟作物的重要害蟎 (Lin 2002)，寄主植物範圍甚廣。長久以來其防治皆倚賴化學合成農藥，但近年來人們對於化學農藥造成生態環境負面影響的危機意識日益普遍，急切期望有對生態衝擊小的植物保護資材可用，減少對化學合成殺蟎劑的依賴。由於食用植物油可在自然環境中分解，對環境與非標的生物較無傷害 (Adhvaryu *et al.* 2004)。因此，利用天然植物油，尤以可食用的植物油來防治農作物害蟲，已廣受重視。

用植物油防治農業害蟲，最常見於積穀害蟲的防治。Schoonhoven (1978) 比較五種植物油 (cottonseed, maize, soybean, coconut, African palm oils) 防護倉儲豆類免於巴西豆象 [*Zabrotes subfasciatus* (Boh.)] 危害的效果，認為粗製的棕櫚油 (African palm oil) 與棉籽油 (cottonseed oil) 效果最佳。Babu *et al.* (1989) 測得蓖麻油 (castor oil) 用於綠豆 [*Vigna radiata* (L.)] 可完全防治綠豆象 [*Callosobruchus chinensis* (L.)] 達 18 個月之久，而且不影響種

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2359 號。接受日期：98 年 6 月 30 日。
2. 本所應用動物組助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 本所前所長，現職行政院農業委員會技監。
4. 通訊作者：電子郵件：jzyu@tari.gov.tw；傳真機：(04)23317600。

子的活性。然而，植物油應用於農作物上防治害蟎，多見於礦物油 (mineral oil) (Herron *et al*. 1998; Nicetic *et al*. 2001; Pertot *et al*. 2008)、楝樹油 (neem oil) (Isman *et al*. 1990; Martinez-Villar *et al*. 2005; Du *et al*. 2008) 與精油 (Aslan *et al*. 2004; Choi *et al*. 2004; Çalmaşur *et al*. 2006) 等，可食用的植物油之相關報導就相對很少，值得嘗試開發。

植物油的組成份主要是脂肪酸，但不同種植物油所含的脂肪酸種類及其比例皆不同。這種不同是否會影響其致死二點葉蟎的效果，很值得探討。但這方面的探討工作太龐雜，只能由簡入繁，逐步篩選與分析。脂肪酸最初級的歸類可分為飽和脂肪酸 (saturated fatty acid) 與不飽和脂肪酸 (unsaturated fatty acid)。Hall & Harman (1991) 比較過不同飽和脂肪酸含量的大豆油，發現含量高的對巴西豆象 (*Z. subfasciatus*) 的產卵和存活的抑制效果最好。因此，本試驗先選用飽和脂肪酸含量差異較大的三種植物油來進行殺蟎效果評估的第一步。植物油中以椰子油 (coconut oil) 的飽和脂肪酸含量最高，含 94.1 % (Mohamed *et al.* 2002)。棕櫚油 (palm oil) 含 51.9% (Ravasio *et al*. 2002; Aguila *et al.* 2005) 居次，最低的是菜籽油 (rapeseed oil) 含 5.1% (Rashid *et al*. 2008)。雖然上述脂肪酸含量會因取材來源不同可能稍有變異，此三種植物油做為本試驗的材料仍然有其代表性。

另外，油類材料必須均勻分散於水相中，才能實際應用於田間。利用介面活性劑 (surfactant) 予以乳化 (emulsification) 是主要方式之一。但影響油、水的乳化安定性的因素很複雜，介面活性劑的 HLB 值 (hydrophile-lipophile balance values) 是其重要關鍵因素 (Liaw 2003)。本研究採用食品級非離子介面活性劑之 Span 與 Tween 系列產品，並依 Griffin (1949) 方法來調製供試植物油合適的介面活性劑 HLB 值，進行植物油乳化液對二點葉蟎的致死效果試驗。

材料與方法

寄主植物準備：用花豆 (*Phaseolus coccineus* L.) 苗做為寄主植物。種子播種於口徑 5 cm 的穴植盤內，以細蛭石做為介質。待豆苗長出第一片真葉但尚未展開時，洗去介質，根部以吸飽水之不織布包裹，移至 50 mL 的塑膠離心管內。若豆苗做為殺蟎試驗用，則剪去真葉而僅留 1 片子葉。

二點葉蟎之飼養：將取自行政院農業委員會農業試驗所養蟲室的二點葉蟎族群，接殖於剛長出第一真葉的花豆苗，任其取食、繁殖，供做試驗用蟲源。受測葉蟎，係自蟲源族群中剪下含葉蟎的豆葉，直接放置在新鮮豆苗葉面上，任其產卵。24 小時後，僅保留卵，其餘用羊毫小楷毛筆移除。移置於定溫箱中，再經 14 日 (自出生發育至成蟲需 11.73 日 (Ho & Lo, 1979, Table1) 剪下含有成蟎的葉片放置於僅留 1 片子葉的花豆苗葉上。經 4 小時後，每株僅保留成蟎，其餘齡期用羊毫小楷毛筆移除。每葉片留 15 隻以上活成蟎供試。

植物油及其介面活性劑製備：椰子油、棕櫚油及菜籽油，皆購自美國 SIGMA-ALDRICH Co. 的 R&D 級產品。非離子界面活性劑 (nonionic surfactant)，Span 80、Tween 80，購自 Wako Pure Chemical Industries LTD. (日本)。三種植物油介面活性劑的 HLB 值，分別為 5.3 (Acharya *et al.* 2002)、10.8 (Ahmad *et al.* 1996) 與 6.7 [Szelag & Zwierzykowski (1999) 曾測試 5.7–9.3 皆有乳化效果，本試驗暫用其中間值 6.7]。依 Griffin (1949) 的方法，將適量的 Span 80、Tween 80 混合，經均質機 (homogenizer, Polytron® PT-MR 3100) 以 3000 rpm 攪拌 5 分鐘，分別調製成上述 HLB 值之介面活性劑，靜置備用。

殺蟎試驗：各種植物油分別與合適之介面活性劑以 1 : 1 (V/V) 混合，經 6000 rpm 均質攪拌 2 分鐘後，加入蒸餾水稀釋成 5 種濃度 (mL/L) 的乳化液。分別為每公升乳化液含植物油 20、10、5、2.5 及 1.25 mL。另僅含介面活性劑的五種濃度水稀釋液，亦為每公升水稀釋液分別含介面活性劑 20、10、5、2.5 及 1.25 mL。以上各乳化液分別用玻棒充分攪拌約 60 秒使其乳化後，裝入 20 mL 玻璃噴瓶內。瓶噴口於距離葉面約 15 cm 處將乳化液噴施於含有葉蟎之受測豆葉的上、下表面，使葉面完全濕潤。移置於定溫箱內，經 24、72 小時後分別調查葉片上之葉蟎死亡數。

植物油與介面活性劑的比例調整：由前項試驗獲得各種植物油混合介面活性劑 [1 : 1 (V/V)] 製劑中植物油的 LC_{50}。以三種植物油的各自 LC_{50} 為基準，各分別與 2、1、0.5、0.25 及 0.125 倍濃度的介面活性劑混合，經 6000 rpm 均質攪拌 2 分鐘後，加入蒸餾水稀釋成植物油的 LC_{50} 濃度。同上述方法，進行殺蟎效果試驗。

以上於定溫箱中進行的葉蟎飼養及試驗，溫度為 25℃ ± 1℃，相對濕度為 75% ± 10%，光週期為 14 L：10 D 小時。所有殺蟎試驗皆以蒸餾水為對照組。重複 4 次。

統計分析：各油劑及介面活性劑處理之死亡率用 Abbott's (1925) 公式校正後，經 SPSS 13.0 統計軟體 (SPSS Inc., 2004) 進行迴歸分析及變方分析，當變方分析結果有顯著差異時再用最小顯著差異 (Fisher's least significant difference, LSD) 法比較處理間之差異性。各油劑之半數致死濃度 (LC_{50}) 亦用上述軟體之 Probit 求得。

結　果

椰子油、棕櫚油及菜籽油乳化液處理後 24 小時對二點葉蟎的致死效果，皆隨濃度增高而增高，其直線迴歸的斜率分別為 4.06 (R^2 = 0.88)、4.45 (R^2 = 0.75) 及 3.57 (R^2 = 0.99) (表 1)。各個相同濃度下，三種油的效果比較，普遍以棕櫚油較好，菜籽油最差 (表 1)。在高濃度 (20 mL/L) 時，椰子油與棕櫚油的殺蟎效果無顯著差異，致死率分別達 93.7%與 96.7%，顯著高於油菜油的 79.7%。在 10、5 mL/L 二種濃度時，皆以棕櫚油顯著效果最好，分別達 94.1%、57.1%。2.5 與 1.25 mL/L 低濃度時，三種油的致死率皆低，在 6.2–35.4%之間。

處理後 72 小時三種油乳化後各個濃度對二點葉蟎的致死率，結果皆比處理後 24 小時的結果稍有提高 (表 1)。椰子油與棕櫚油分別在 20 與 10 mL/L 濃度時皆達 100%的致死率，菜籽油在高濃度時亦達 97.3%的致死率。不同濃度殺蟎效果經線性迴歸得到的迴歸線斜率，三種油分別為 3.40 (R^2 = 0.79)、3.84 (R^2 = 0.74) 及 3.89 (R^2 = 0.90)，顯示皆有隨濃度增加而增高致死率的趨勢。三種油之間的殺蟎效果比較，僅在中濃度 (10 與 5 mL/L) 時呈現顯著差異。10 mL/L 時的致死率分別為 81.8、100.0 及 78.9%，以棕櫚油顯著高於另二種油。5 mL/L 時，分別為 63.8、67.1 及 47.3%，前二者差異不顯著，但顯著高於菜籽油。在高濃度與低濃度時，三種油之間皆無顯著差異，其致死率分別在 97.3–100.0%與 19.8–57.1%之間 (表 1)。

在處理後 72 小時的半數致死濃度 (LC_{50})，三種植物油分別為 2.23、2.59 及 3.66 mL/L，比處理後 24 小時的 5.13、4.08 及 8.74 為低。LC_{90} 亦同，於處理後 24 小時分別為 19.38、11.85 及 58.68 mL/L，處理後 72 小時分別為 10.62、7.53 及 17.82 mL/L。LC_{90} 皆以棕櫚油最低，菜籽油最高 (表 2)。

三種 HLB 值介面活性劑亦有殺蟎效果。表 3 為其分別在處理後 24 與 72 小時對二點葉蟎的致死結果。亦有隨濃度增加而增高的趨勢，其 HLB 值 5.3、10.8 及 6.7 介面活性劑處理後 24 小時之迴歸係數分別為 4.38 (R^2 = 0.91)、

3.06 (R^2 = 0.95) 及 3.15 (R^2 = 0.93)。而於處理72 小時後之迴歸係數分別為 4.83 (R^2 = 0.91)、3.20 (R^2 = 0.91) 及 4.15 (R^2 = 0.89)。無論處理後 24 或 72 小時，殺蟎效果在各個濃度之三種不同 HLB 值介面活性劑間皆幾乎無顯著差異。有差異的僅在處理後 24 小時的 10 mL/L 濃度，其 HLB 值 5.3 的 61.6%致死率顯著高於 10.8 的 40.6%，HLB 值 6.7 的 47.6%居中

表 1. 椰子油、棕櫚油及菜籽油乳化液對二點葉蟎之致死效果

Table 1. Effect of emulsified coconut oil, palm oil and rapeseed oil on mortality of *Tetranychus urticae*

	Concentration of oil (mL/L)					
Emulsified oil [z]	20	10	5	2.5	1.25	Linear regression
24 h after treatment [y]						
Coconut	93.7 a [x]	66.3 b	35.4 b	40.9 a	6.2 b	y = 4.06x + 17.00
	(5.2)	(10.2)	(4.6)	(11.7)	(0.2)	R^2 = 0.88
Palm	96.3 a	94.1 a	57.1 a	17.7 b	16.4 a	y = 4.45x + 21.83
	(2.3)	(2.3)	(4.9)	(8.8)	(6.8)	R^2 = 0.75
Rapeseed	79.7 b	48.1 c	28.2 c	20.5 b	10.7 ab	y = 3.57x + 9.79
	(4.4)	(6.4)	(1.0)	(7.1)	(3.0)	R^2 = 0.99
$LSD_{0.05}$	6.65	11.30	11.72	11.24	6.80	
72 h after treatment						
Coconut	100.0 a [x]	81.8 b	63.8 a	57.1 a	21.8 a	y = 3.40x + 38.52
	(0.0)	(14.7)	(13.2)	(21.0)	(1.7)	R^2 = 0.79
Palm	100.0 a	100.0 a	67.1 a	39.3 a	25.7 a	y = 3.84x + 36.57
	(0.0)	(0.0)	(4.2)	(17.0)	(11.2)	R^2 = 0.74
Rapeseed	97.3 a	78.9 b	47.3 b	39.1 a	19.8 a	y = 3.89x + 26.4
	(3.2)	(7.2)	(1.9)	(11.1)	(5.4)	R^2 = 0.90
$LSD_{0.05}$	2.93	15.13	19.92	27.04	11.59	

[z] Emulsified vegetable oils were prepared by mixing with surfactant at 1:1 (V/V) ratio, and tested at five concentrations.
[y] Mortality of *T. urticae* was assessed at 24 and 72 h after treatment.
[x] Data on mortality of *T. urticae* were corrected by Abbott's formula and showed by mean (sd); means within a column for each post-treatment time followed by the same letter are not significantly different by LSD test at 5% level.

表 2. 三種植物油對二點葉蟎之 LC_{50} 與 C_{90}

Table 2. The LC_{50} and LC_{90} of three vegetable oils on *Tetranychus urticae*

Emulsified oil [z]	LC_{50} (mL/L)	LC_{90} (mL/L)
24 h after treatment [y]		
Coconut	5.13 (3.72–6.96) [x]	19.38 (12.82–40.96)
Palm	4.08 (2.35–7.00)	11.85 (6.93–51.94)
Rapeseed	8.74 (6.24–14.09)	58.68 (27.50–203.62)
72 h after treatment		
Coconut	2.23 (1.22–3.22)	10.62 (6.92–24.90)
Palm	2.59 (1.31–4.21)	7.53 (4.53–40.46)
Rapeseed	3.66 (2.67–4.92)	17.82 (11.41–39.29)

[z] Emulsified vegetable oils were prepared by mixing with surfactant in 1:1 (V/V).
[y] Data of LC_{50} and LC_{90} were collected at 24 and 72 h after treatment.
[x] LC_{50} and LC_{90} were expressed as the concentrations of oils. Data in brackets were lower and upper concentrations at 95% confidence interval.

表 3. 三種 HLB 值介面活性劑對二點葉蟎之致死效果

Table 3. Effect of surfactants at three different hydrophile-lipophile balance (HLB) values at five concentrations on mortality of *Tetranychus urticae*

Value of surfactant[z]	Concentration of surfactant (mL/L)					Linear regression
	20	10	5	2.5	1.25	
24 h after treatment[y]						
5.3	83.1 a[x]	61.6 a	13.6 a	13.6 a	9.1 a	y = 4.38x + 1.18
	(1.5)	(5.6)	(4.0)	(4.0)	(7.4)	R^2 = 0.91
10.8	60.7 a	40.6 b	11.4 a	11.4 a	3.9 a	y = 3.06x + 2.19
	(20.0)	(6.3)	(8.9)	(8.9)	(5.3)	R^2 = 0.95
6.7	63.9 a	47.6 ab	23.7 a	23.7 a	5.3 a	y = 3.15x + 5.84
	(14.2)	(16.0)	(11.3)	(11.3)	(5.7)	R^2 = 0.93
$LSD_{0.05}$	22.70	16.73	13.77	13.77	9.92	
72 h after treatment						
5.3	95.9 a[x]	74.4 a	22.3 a	14.7 a	12.6 a	y = 4.83x + 6.55
	(2.7)	(15.3)	(4.3)	(14.7)	(10.4)	R^2 = 0.91
10.8	74.8 b	56.2 a	39.8 a	15.0 a	17.1 a	y = 3.20x + 15.80
	(11.0)	(4.9)	(10.1)	(10.1)	(5.2)	R^2 = 0.91
6.7	89.4 a	74.1 a	38.0 a	25.3 a	9.3 a	y = 4.15x + 15.10
	(9.4)	(13.0)	(16.0)	(11.7)	(9.7)	R^2 = 0.89
$LSD_{0.05}$	13.58	19.11	17.93	19.69	13.98	

[z] Surfactants were prepared using Span 80 and Tween 80.
[y] Mortality of *T. urticae* was assessed at 24 and 72 h after treatment.
[x] Data on mortality of *T. urticae* were corrected by Abbott's formula and showed by mean (sd); means within a column for each post-treatment time followed by the same letter are not significantly different by LSD test at 5% level.

而與前二者無顯著差異。以及在處理後 72 小時則僅在高濃度 20 mL/L 時，HLB 值 5.3、6.7 的 95.9、89.4%顯著高於 HLB 值 10.8 的 74.8%。

以 2、1、0.5、0.25 及 0.125 倍於植物油 LC_{50} 容量 (V/V) 的介面活性劑分別與三種植物油 LC_{50} 量混合乳化後的殺蟎效果如表 4。在處理後 24 與 72 小時，皆以 2 倍量的效果最佳，並隨介面活性劑的用量降低而略有降低效果。椰子油乳化液處理後 24 小時對二點葉蟎的致死率分別為 37.3、37.2、22.7、25.2 及 24.72%，2 與 1 倍量差異不顯著，但顯著高於 0.5 倍量，其餘二種用量居中且與其他比例差異不顯著。處理後 72 小時分別為 62.6、53.4、46.2、42.8 及 38.7%，2、1 與 0.5 倍三種用量之間差異不顯著，但 2 倍量顯著高於其餘二種比例。與棕櫚油乳化則在處理後 24 小時，致死率以 2 倍量的 40.9%顯著高於其他四種用量的 21.6–26.2%。處理後 72 小時 2 倍量的 57.1%則顯著高於 0.5、0.25 及 0.125 三種用量的 33.4–39.4%。菜籽油乳化液在處理後 24 小時，是 2 倍量的 37.5%顯著高於 0.5 與 0.125 用量的 20.2 與 22.9%，而 1、0.25 用量的 25.0、23.8%則是居中而與其它三種用量之間無顯著差異。在處理後 72 小時的致死率分別為 51.0、46.9、45.8、35.7 及 33.1%，處理間無顯著差異。

討　論

本試驗測試的三種植物油的乳化液對二點葉蟎 (*T. urticae*) 的致死效果，除高濃度外效果皆低 (表 1)。由其處理後 72 小時的 LC_{50} 與 LC_{90} (表 2)，分別在 2.23–3.66 mL/L 與 7.53–17.82 mL/L 之間，若再加上介面活

表 4. 三種植物油混合不同比例介面活性劑對二點葉蟎之致死效果

Table 4. Effect of different ratio of surfactants in vegetable oils on mortality of *Tetranychus urticae*

Ratio of surfactant and oil (V/V)	Coconut oil (2.23 mL/L)[z]		Palm oil (2.59 mL/L)		Rapeseed oil (3.66 mL/L)	
	24 h[y]	72 h	24 h	72 h	24 h	72 h
2 : 1	37.3 a[x]	62.6 a	40.9 a	57.1 a	37.5 a	51.0 a
	(11.5)	(18.6)	(13.0)	(12.5)	(8.9)	(18.8)
1 : 1	37.2 ab	53.4 ab	21.6 b	41.1 ab	25.0 ab	46.9 a
	(9.3)	(9.3)	(5.8)	(13.1)	(8.9)	(13.5)
0.5 : 1	22.7 b	46.2 ab	24.9 b	39.4 b	20.2 b	45.8 a
	(9.2)	(12.2)	(8.7)	(7.4)	(9.8)	(22.3)
0.25 : 1	25.2 ab	42.8 b	26.2 b	39.9 b	23.8 ab	35.7 a
	(9.7)	(7.1)	(5.3)	(12.6)	(12.4)	(10.5)
0.125 : 1	24.7 ab	38.7 b	25.1 b	33.4 b	22.9 b	33.1 a
	(8.3)	(13.3)	(11.5)	(9.7)	(4.3)	(10.2)
$LSD_{0.05}$	14.553	19.168	14.136	17.008	13.935	23.8

[z] Value of LC_{50} of oil against *T. urticae* at 72 h post-treatment.
[y] Data on mortality of *Tetranychus urticae* were collected after treating for 24 and 72 h.
[x] Data on mortality of *T. urticae* were corrected by Abbott's formula and showed by mean (sd); means within a column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at 5% level.

性劑的量，顯然不符經濟原則。因此，本文的三種試材可能不太適合單劑乳化用於防治二點葉蟎。但 Tsolakis & Ragusa (2008) 用大豆油、香芹精油及一種已商品化的脂肪酸鉀皂所調製的配方 (Acaridoil 13SL) 對二點葉蟎具致死效果，並能降低雌成蟎的產卵力。其所用的脂肪酸鉀皂劑量達 2478 ppm，配方中脂肪酸鉀皂與大豆油的比例為 13.04%比 70% (W/W)，油的使用濃度可能約有 13.3 g/kg。因此，本試驗的椰子油與棕櫚油似乎仍有應用的潛力，未來或可配合其他油類製成複方，提高對二點葉蟎的防治效果。其中植物精油也可以扮演殺蟎角色，除了上述 Acaridoil 13SL 配方中的香芹精油可能具有觸殺效果外，也些研究多是以薰蒸的方式殺蟎。例如，Choi *et al.* (2004) 大量篩選了 53 種植物精油對二點葉蟎的致死效果，得到檸檬桉 (lemon eucalyptus) 油的效果最好，在葉蟎暴露於 9.3×10^{-3} μL/mL 與 14×10^{-3} μL/mL 濃度處理之空氣中時分別有 99 與 100%的致死率，其次是香芹籽 (caraway seed)、爪哇香茅 (citronella java)、胡薄荷 (pennyroyal) 及歐薄荷 (peppermint) 四種精油在 14×10^{-3} μL/mL 濃度的致死率在 91–99%之間。複方可以結合多種作用機制，有可能產生協力作用，但也有可能發生抵制作用，都需再加以驗證。

介面活性劑除了幫助油脂乳化之外，亦具有殺蟎效果 (表 3)。三種油乳化液中介面活性劑的比例愈高對二點葉蟎的致死率也愈高 (表 4)。但如果介面活性劑的成本比植物油高的話，有需要適度調降介面活性劑的含量。介面活性劑和椰子油的混合，在處理後 24 與 72 小時的效果分別降至 1 與 0.5 倍於椰子油 LC_{50} 的量，與 2 倍量差異不顯著。和棕櫚油混合時，調降介面活性劑比例則會顯著影響在處理後 24 小時的效果。若觀察處理後 72 小時的殺蟎效果，則可降為 1 倍於棕櫚油 LC_{50} 的量。混合菜籽油時，雖然調降空間較大，在二個觀察時間分別可降為 1 與 0.125 倍於油菜油 LC_{50} 的量

而與 2 倍量無顯著差異 (表 4)，但由於殺蟎效果不好，其未來應用可能性不大。另由表 4 中顯示 2 : 1 比例的效果最好，介面活性劑的濃度是油脂的 2 倍，對照到表 3 中近似濃度的致死率，有混合椰子油或棕櫚油的致死率皆升高許多 (表 4)。但混合菜籽油的則不然，因若將 2 倍濃度 (3.66 × 2 = 7.32 mL/L) 代入表 3 的迴歸式 (y = 3.15x + 5.84, y = 4.15x + 15.10) 換算得的結果與表 4 中 HLB 值 6.7 在 2 : 1 比例的致死率相對照，反而略有減低。由此可知椰子油與棕櫚油確實具有殺蟎能力，菜籽油則幾乎沒有。

油脂的殺蟲能力可能和飽和脂肪酸含量有關 (Hall & Harman 1991)。由本試驗處理後 24 與 72 小時的 LC_{90} (表 2) 所示，三種植物油乳化液的殺蟎能力依序為棕櫚油 > 椰子油 > 菜籽油。低含量的效果最差，幾無致死效果可言，但最高含量卻未比中間含量的效果好。此是否與飽和脂肪酸、不飽和脂肪酸的比例有關，或是更深入的脂肪酸的種類與含量、脂肪酸碳鏈長的分佈等的原因，都可以是再探究的方向。再者，油類的殺蟲機制相當複雜，如 Hewlett (1975) 認為精製礦物油可阻斷 *Sitophilus granarius* 成蟲的氣管，造成缺氧而死。Schoonhoven (1978) 認為有部份是干擾正常的呼吸，造成窒息。也有研究認為由於植物油分餾物透入蟲體，形成障礙物而減低氣體的交換，或直接毒害，使 *Sitophilus seamais* 發育中的胚胎或初齡幼蟲死亡 (Don Pedro 1989)。由於介面活性劑也有殺蟎能力，本試驗結果的表 3 亦證實由 Span 80 與 Tween 80 調製的介面活性劑具有殺蟎效果，但致死率在三個不同 HLB 值之間則幾乎無顯著差異，顯示此類非離子介面活性劑的 HLB 值大小與殺蟎效果似無直接相關。然其殺蟎機制是否如 Acaridoil 13SL 中的脂肪酸鉀皂能穿透節肢動物的外皮，致使脫水而死 (EPA 1992) 一樣，仍然未知。殺蟎機制是一重要議題，未來如可分別釐清油脂與介面活性劑的殺蟎機制，當有助於有效配方的研發。

另外，由於印楝素 (Azadirachtin) 有效防除二點葉蟎的濃度相當低，32 ppm 以上的濃度即會顯著影響蟎的產卵量，64 ppm 則會明顯減短成蟎壽命 (Martinez-Villar *et al.* 2005)。植物精油方面，有效濃度更低。例如，Aslan *et al.* (2004) 比較夏日風輪菜 (*Satureja hortensis* L.)、羅勒 (*Ocimum basilicum* L.) 及百里香 (*Thymus vulgaris* L.) 三種唇形花科植物的精油揮發物質對二點葉蟎具有致死效果，結果以夏日風輪菜的效果最好，暴露於 0.782、1.563 及 3.125 μL/L 濃度的空氣中分別可殺死 66.6、87.6 及 96.6%。Çalmaşur *et al.* (2006) 比較另三種唇形花科的植物精油，姜味草 (*Micromeria fruticosa* L.)、犬薄荷 (*Nepeta racemosa* L.) 與野薄荷 (*Origanum valgare* L.) 的效果亦相近，濃度 2 μL/L 處理也獲得理想的致死率。Choi *et al.* (2004) 的檸檬桉油，可使二點葉蟎的死亡率達 99%的濃度僅需 9.3×10^{-3} μL/mL。相對的，可食用植物油的 LC_{90} 可能高出許多。可能因此不利於實際應用，以致正式文獻極其少見。若真如此，欲從事此方面研究者，很可能一再重複前人研究過的材料，而延誤了發展進度。基於此，本試驗的三種植物油雖未呈現理想的殺蟎效果，仍期望將本試驗中有關油的選擇、介面活性劑的殺蟎能力及其與植物油比例的影響等思維角度，提供有興趣從事相關研究者做為參考，減少試材重複的機會，或者做為更深入研究的踏腳石。

誌 謝

本試驗期間承本研究室同仁，溫美貞、葉玉惠、張秀瑜、李思慧小姐及吳育誠先生等協助二點葉蟎的飼養及其寄主植物的栽培等試驗相關工作。謹此一併致謝。

引用文獻 (Literature cited)

Abbot, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18:265–267.

Acharya, A., S. P. Moulik, S. K. Sanyal, B. K. Mishra, and P. M. Puri. 2002. Physicochemical investigations of microemulsification of coconut oil and water using polyoxyethylene 2-cetyl ether (Brij 52) and isopropanol or ethanol. J. Colloid Interface Sci. 245:163–170.

Adhvaryu, A., S. Z. Erhan, and J. M. Perez. 2004. Tribological studies of thermally and chemically modified vegetable oils for use as environmentally friendly lubricants. Wear 257:359–367.

Aguila, M. B., A. R. Pinheiro, J. C. F. Aquino, A. P. Gomes, and C. A. Mandarim-de-Lacerda. 2005. Different edible oil beneficial effects (canola oil, fish oil, palm oil, olive oil, and soybean oil) on spontaneously hypertensive rat glomerular enlargement and glomeruli number. Prostaglandins O. Lipid Medrat. 76:74–85.

Ahmad, K., C. C. Ho, W. K. Fong, and D. Tohi. 1996. Properties of palm oil-in-water emulsions stabilized by nonionic emulsifiers. J. Colloid Interface Sci. 181:1595–1604.

Aslan, İ., H. Özbek, Ö. Çalmaşur, and F. Şahin. 2004. Toxicity of essential oil vapours to two greenhouse pests, *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. Indust. Crops Prod. 19:67–173.

Babu, T. R., V. S. Reddy, and S. H. Hussaini. 1989. Effect of edible and non edible oils on the development of the pulses beetle *Callosobruchus Chinensis* (L.) and on viability and yield of mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. Trop. Sci. 29:215–220.

Çalmaşur, Ö., İ. Aslan, and F. Şahin. 2006. Insecticidal and acaricidal effect of three Lamiaceae plant essential oils against *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. Indust. Crops Prod. 23: 140–146.

Choi, W., S. G. Lee, H. M. Park, and Y. J. Ahn. 2004. Toxicity of plant essential oils to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranyidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). J. Econ. Entomol. 97:553–558.

Don Pedro, K. N. 1989. Mechanism of action of some vegetable oils against *Sitophilus seamais* Motsch (Coleoptera: Curculionidae) on wheat. J. Stored Prod. Res. 25:217–223.

Du, Y. H., R. Y. Jia, Z. Q. Yin, Z. H. Pu, J. Chen, F. Yang, Y. Q. Zhang, and Y. Lu. 2008. Acaricidal activity of extracts of neem (*Azadirachta indica*) oil against the larvae of the rabbit mite *Sarcoptes scabiei* var. *cuniculi* in vitro. Vet. Parasitol. 157:144–148.

Environmental Protection Agency of United States. 1992. Registration Eligibility Document, Soap Salts, List D, Case 4083.

Griffin, W. C. 1949. Classification of surface-active agents by HLB. J. Soc. Cosmet. Chem. 1:311–326.

Hall, J. S. and G. E. Harman. 1991. Efficacy of oil treatments of legume seeds for control of Aspergillus and Zabrotes. Crop Prot. 10:315–319.

Herron, G. A., G. A. C. Beattie, A. Kallianpur, and I. Barchia. 1998. A potter spray tower bioassay of two petroleum spray oils against adult female *Panonychus ulmi* (Koch) and *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Exp. Appl. Acarol. 22:553–558.

Hewlett, P. S. 1975. Lethal action of a refined mineral oil on adult *Sitophilus granarius* (L.). J. Stored Prod. Res. 11:119–120.

Ho, C. C. and K. C. Lo. 1979. Influence of temperature on life history and population parameters of *Tetranychus urticae*. J. Agric. Res. China 28:261–271. (in Chinese with English abstract)

Isman, M. B., O. Koul, A. Luczynski, and J. Kaminskis. 1990. Insecticidal and antifeedant bioactivities of neem oils and their relationship to azadirachtin content. J. Agric. Food Chem. 38:1406–1411.

Liaw, M. L. 2003. Surface Chemistry and Surfactant. TingWen Co., Ltd. Press. Taipei, Taiwan. 235 pp. (in Chinese with English abstract)

Lin, K. S. 2002. *Tetranychus* (s. str.) *urticae* Koch. p. 596-597. *in*: A List Pests of Fruit Plant from Taiwan and Mainland China. (Lin, K. S. eds.) Agric. Res. Inst. Pub. No.100. Taichung. (in Chinese)

Martinez-Villar, E., F. J. Saenz-de-Cabezon, F. Moreno-Grijalba, V. Marco, and I. Perez-Moreno. 2005. Effects of azadirachtin on the two-spotted spider mite. Exp. Appl. Acarol. 35:215–222.

Mohamed, A. I., A. S. Hussein, S. J. Bhathena, and Y. S. Hafez. 2002. The effect of dietary menhaden, olive, and coconut oil fed with three levels of vitamin E on plasma and liver lipids and plasma fatty acid composition in rats. J. Nutr. Biochem. 13:435–441.

Nicetic, O., D. M. Watson, G. A. C. Beattie, A. Meats, and J. Zheng. 2001. Integrated pest management of two-spotted mite *Tetranychus urticae* on greenhouse roses using petroleum spray oil and the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. Exp. Appl. Acarol. 25:37–53.

Pertot, I., R. Zasso, L. Amsalem, M. Baldessari, G. Angeli, and Y. Elad. 2008. Integrating biocontrol agents in strawberry powdery mildew control strategies in high tunnel growing systems. Crop Prot. 27: 622–631.

Rashid, U., F. Anwar, B. R. Moser, and G. Knothe. 2008. Moringa oleifera oil: a possible source of biodiesel. Bioresour. Technol. 99:8175–8179.

Ravasio, N., F. Zaccheria, M. Gargano, S. Recchia, A. Fusi, N. Poli, and R. Psaro. 2002. Environmental friendly lubricants through selective hydrogenation of rapeseed oil over supported copper calalysts. Appl. Catal. A: General 233:1–6.

Schoonhoven, A. V. 1978. The use of vegetable oils to protect stored beans from bruchid attack. J. Econ. Entomol. 71:254–256.

Szelag, H. and W. Zwierzykowski. 1999. The behaviour of modified monoacylglycerol emulsifiers in emulsion systems. Colloids Surf. A 155:349–357.

SPSS Inc. 2004. Spss 13.0 Base USers Guide. 712 pp.

Tsolakis, H. and S. Ragusa. 2008. Effects of mixture of vegetable and essential oils and fatty acid potassium salts on *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis*. Ectocicol. Environ. Safety 70:276–282.

Acaricidal Efficacy of Three Vegetable Oils on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) [1]

Jih-Zu Yu[2, 4] and Bing-Huei Chen[3]

Abstract

Yu, J. Z. and B. H. Chen. 2009. Acaricidal efficacy of three vegetable oils on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). J. Taiwan Agric. Res. 58:136–145.

Effects of three vegetable oils including coconut oil, palm oil and rapeseed oil on two-spot spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) were examined under laboratory conditions (25℃ ± 1℃). Nonionic surfactants were prepared using Span 80 and Tween 80. The hydrophile-lipophile balance (HLB) values were adjusted to 5.3, 10.8 and 6.7 and mixed with coconut oil, palm oil and rapeseed oil, respectively, at the ratio of 1 : 1 (V/V) to prepare emulsified solutions. Each of the emulsions was diluted with distilled water to the oil concentrations of 20, 10, 5, 2.5 and 1.25 mL/L and then used for the experiments. The surfactant used in each vegetable oil was also diluted to 20, 10, 5, 2.5 and 1.25 mL/L and used as controls. Results showed that among the three vegetable oil emulsions tested, coconut oil and palm oil were acaricidal on *T. urticae*. After treatment for 72 h, the LC_{50} for coconut oil and palm oil was 2.23 and 2.59 mL/L, respectively and the LC_{90} was 10.62 and 7.53. The acaricidal effect seemed to be related to high saturated fatty acid content in the coconut and palm oils. Acaricidal function of surfactants was unaffected by HLB-value excepted for the concentrations of 10 mL/L at 24 h after treatment and 20 mL/L at 72 h after treatment. Results of this study also showed that the three surfactants at HLB-values of 5.3, 10.8 and 6.7 were acaricidal on *T. urticae*. This study suggests that coconut oil and palm oil may be of potential for use in the formulation of acaricides for control of *T. urticae*.

Key words: *Tetranychus urticae*, Coconut oil, Palm oil, Rapeseed oil, HLB-value of surfactant.

---

1. Contribution No.2359 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: June 30, 2009.
2. Assistant Entomologist, Applied Zoology Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Former Director General, TARI, and Currently the Counselor of COA, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: jzyu@tari.gov.tw; Fax: (04)23317600.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 58(2):146–154 (2009)

夜間路邊照明對大豆生長與產量之影響[1]

陳琦玲[2,4] 蘇雲翰[2] 劉嘉仁[3] 李艷琪[2]

摘　要

陳琦玲、蘇雲翰、劉嘉仁、李艷琪。2009。夜間路邊照明對大豆生長與產量之影響。台灣農業研究 58:146–154。

行政院農委會農業試驗所為配合經濟部評估我國發展生質能源之潛力，近年自澳洲引進 Leichardt 品種大豆，並在全國各地進行試種。本研究在彰化縣和美鎮休耕地進行 95 年秋作撒播適栽試驗，為試驗區之一，並於 96 年初收穫。試驗結果顯示，受限於撒播方式，發芽率較不整齊，導致產量空間變異大，在病蟲害用藥控制下，撒播方式之產量約為 770 kg ha^{-1}。試驗中亦發現，部分大豆在夜間受到田邊路燈 (田區距光源約 10–20 m 範圍) 的影響，營養生長較為旺盛，開花期約延後一至四週，採收期延後一個月至一個半月，但產量略高於夜間未受光照者，可達 1000 kg ha^{-1} 以上。

關鍵詞：夜間照明、大豆、生長、產量。

大豆 [*Glycine max* (L.) Merr.] 為豆科蝶形亞科大豆屬之一年生草本植物。葉互生、複葉、小葉卵形，花呈淡紫色，原產於中國之大陸，生長對日照長短與強度 (Wang & Li 1997) 及溫度等環境因子較為敏感 (Yang & Fan 1996; Yang *et al.* 1996; Fleming *et al*. 1997)。因其籽實富含營養分，為全球重要雜糧作物之一，至 2006 年全世界產量已達 2 億公噸。台灣自民國 55 年開放國外雜糧進口後，國產大豆競爭力下降，栽培面積逐年減少，目前主要供作綠肥作物及毛豆加工生產為主。近年因為能源危機意識提高，加上國內不生產石油，需完全仰賴國外進口，國際石油日益匱乏之下，可能對台灣造成嚴重之衝擊。大豆富含之豐富油質，高油分品種可達 26–27%，適合國內發展生質柴油。行政院農委會農業試驗所為配合經濟部評估我國發展生質能源之潛力，自澳洲引進 Leichardt 高油分大豆品種，並在全國各地休耕田進行栽培試種。本研究在彰化縣和美鎮進行能源大豆秋作撒播適栽試驗，為試栽試驗區之一。許多的研究報告均指出，大豆開花對於光週期具敏感性 (Cober *et al*. 1996; Fleming *et al*. 1997; Wang & Li 1997; Wilkerson *et al*. 1989)。澳洲 Leichardt 品種屬於高感光品種，95 年在國內中南部試種時，除少數在 1 月中旬播種有收穫外，幾乎全數都因豆莢充實不良，而無法收穫

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2349 號。接受日期：98 年 3 月 9 日。
2. 本所農業化學組副研究員、約用助理及助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 本所農場組助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
4. 通訊作者，電子郵件：chiling@tari.gov.tw；傳真機：(04)23302805。

(Huang *et al*. 2006)。此一品種在農委會台南區農業改良場同時期進行 6 個品種適應性評估試驗中，其產量亦僅 871 kg ha^{-1}，而生育日數長達 140 天 (Huang *et al*. 2006)。光週期改變除影響作物之開花時序外，同時會影響作物產量、澱粉及礦物營養元素含量等 (Bertrand *et al*. 2008)。台灣地形狹小人口眾多，位於都市的邊緣地區、鄉村及道路兩旁的農田，夜間常受到路燈的光照影響，破壞了作物對自然光照的週期反應。人工光照中斷了作物應有的暗期需求，造成農作物不當的生理變化，如營養生長過盛、花期失序失調等事 (Chen *et al*. 2005)，帶給農民和政府部門許多糾紛及困擾。本研究在彰化縣和美鎮進行能源大豆秋作撒播適栽試驗時，亦發現 Leichardt 品種之生產明顯受到夜間路旁白色水銀燈之影響，因此藉由試驗生育調查來探討夜間路燈照明對其生產之影響。

本試驗於彰化縣和美鎮進行生質能源大豆栽培試種，栽培面積 524 m^2，栽培品種為澳洲能源大豆品種 (Leichardt)，以整地不做畦撒播方式栽培。95 年 9 月 19 日撒種，播種量每公頃 70–80 kg。播種後噴施萌前除草劑防除雜草 (45.1%拉草乳劑 200–300 倍，4–5 L ha^{-1}；34%施得圃 350 倍，3–4.5 L ha^{-1})，其餘栽培期間以人工除草方式控制雜草。總施肥量為 N 85 kg ha^{-1}、P_2O_5 96 kg ha^{-1} 及 K_2O 72 kg ha^{-1}，分 4 次施用，分別為 9 月 21 日、10 月 1 日、10 月 13 日及 10 月 24 日。試驗期間病蟲害控制管理依植物保護手冊推薦用藥管理，分別於 10 月 11 日、10 月 23 日及 10 月 27 日施用殺蟲劑與殺菌劑 (9.6%益達胺 1500–2000 倍，0.6–0.8 L ha^{-1}；90%納乃得 2000 倍，0.5 kg ha^{-1}；50%免賴得 1500 倍，0.7 kg ha^{-1})。栽培期間無引水灌水。各項田間管理操作如表 1 所示。本試驗為探討夜間路燈照明對大豆生產之影響，係將試驗田區依輻射量分佈與成熟採收期概分為四區進行生育調查，以進行夜間路邊照明對大豆生長之影響分析。

表 1. 能源大豆栽培試驗田間操作紀錄

Table 1. Management record of the soybean field used in the experiment

Date	Operation	Note
08/25	First plowing	
09/01	Weeding by herbicide	Alachlor and Pendimethalin
09/10	Second plowing	
09/11	Weeding by herbicide	Alachlor and Pendimethalin
09/19	Third plowing	Seeding
09/20	Weeding by herbicide	Alachlor and Pendimethalin
09/21	Hand weeding & basal fertilization [z]	N : P_2O_5 : K_2O = 25 : 6 : 12 kg ha^{-1}
10/01	Hand weeding & first dressing [z]	N : P_2O_5 : K_2O = 20 : 30 : 20 kg ha^{-1}
10/11	Pest and disease control by pesticide	Imidacloprid, methomyl and benomyl
10/13	Second dressing [z]	N : P_2O_5 : K_2O = 20 : 30 : 20 kg ha^{-1}
10/23	Pest and disease control by pesticide	Imidacloprid, methomyl and benomyl
10/24	Third dressing [z]	N : P_2O_5 : K_2O = 20 : 30 : 20 kg ha^{-1}
10/25	Hand weeding	
10/27	Pest and disease control by pesticide	Imidacloprid, methomyl and benomyl
11/02	Hand weeding	

[z] Total rate of fertilizers: N : P_2O_5 : K_2O = 85 : 96 : 72 kg ha^{-1}.

試驗調查項目與分區劃分方式說明如下：土壤特性與地力調查：於整地前以 5 m × 5 m 網格做土壤採樣 (圖 1)，土層分為 0–15 cm 及 15–30 cm，測定土壤 pH、電導度及有機質，以了解基本特性與地力分布。土壤採樣攜回實驗室，待其風乾後，磨碎並以 2 mm 篩網過篩，依下列方法分析測定：pH 測定：以土：去離子水 = 1：1 (W/V) 混合，平衡 1 小時後，用玻璃電極法 (WTW Group, Inc., microprocessor pH meter, pH3000) 測定之 (McLean 1982)。電導度測定：以土：蒸餾水 = 1：5 混合，振盪 15 分鐘後，靜置 1 小時，再振盪 5 分鐘，過濾抽取濾液，以電導度計 (WTW Group, Inc., Cond 340i) 測電導度 (Rhoades 1982)。有機質測定：用重鉻酸氧化法測定 (Nelson & Sommers 1982)。稱取 0.5 g 土壤置入 250 mL 三角錐形瓶中，加入濃度 1 N 的 $K_2Cr_2O_7$ 溶液 10 mL。加入 20 mL 濃硫酸搖勻後，靜置放涼，再加入 150 mL 去離子水，搖勻，待放涼後，加入 3 滴磷二氮菲指示劑，用 0.5 N $FeSO_4$ 溶液滴定之。路邊白色水銀燈輻射量測量：路邊白色水銀燈照明約從黃昏 5–6 點至清晨 5–6 點。以光輻射計 (LI-COR, Inc., LI-250 light meter) 在晚間 9–12 點測量路邊白色水銀燈 (400 W, 20500 Lm) 下輻射量及試驗田區所受輻射量。路燈距離試驗田區垂直距離為 9.7 m。依 3 m × 3 m 網格測定輻射量，共計測定 80 點。依輻射量分佈與成熟採收期概分為四區如圖 2。生育調查：自 10 月 25 日起於各收穫適期分區 (圖 2) 內逢機標示 10 株大豆，每週量測植株基部至莖頂最高處，以了解大豆株高變化情形，並記錄開花期及採收期。產量調查：以 3 m × 3 m 網格依收穫適期分區採收 (圖 2)，並記錄收穫產量。收穫標準為葉片及葉柄枯黃脫落，果莢由綠變黃，乾燥呈褐或黃褐色，此時用手輕打果莢有響聲，即可收穫。統計分析：利用 Excel 軟體統計功能，進行分區輻射量資料與大豆生育日數統計相關性與迴歸分析。

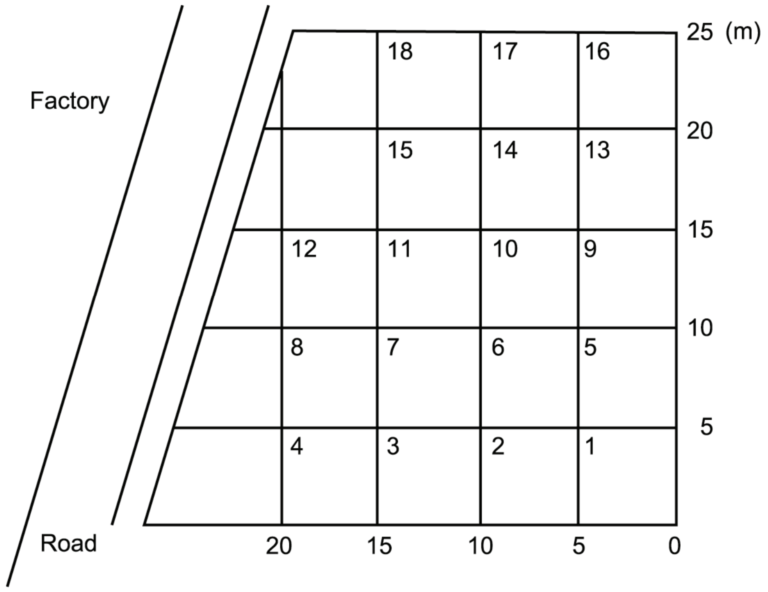


圖 1. 試驗田土壤採樣位置圖。
Fig. 1. A diagram of the experimental field showing soil sampling sites.

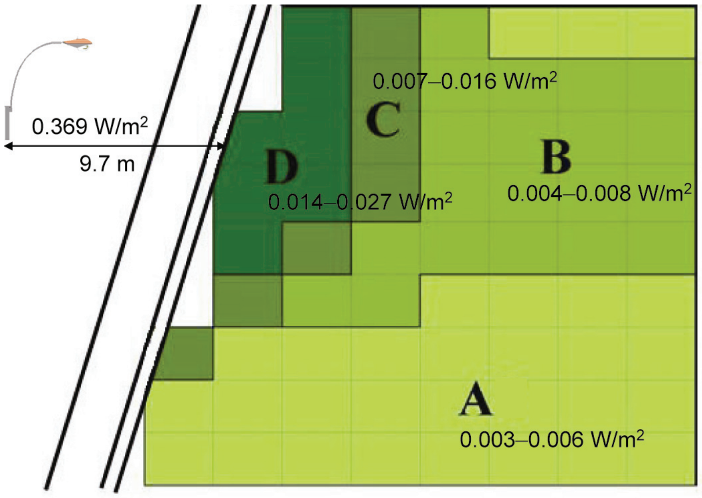


圖 2. 試驗田夜間光輻射量分佈與採收分區圖。光源距離試驗田 9.7 m。

Fig. 2. A diagram of the experimental field showing difference of night radiation in the four harvested plots (A-D). Note the distance of the light source is 9.7 m from the field.

依照採收分區網格土壤採樣之統計分析顯示 (表 2)，表土 0–15 cm 之 pH 值介於 6.9–7.0 間，15–30 cm 土層之土壤 pH 值介於 7.0–7.1 之間，屬於中性土壤，各採收分區間並無顯著性差異。土壤電導度部分在表土 0–15 cm 及 15–30 cm 土層各分區間皆未達顯著性差異，表土 0–15 cm 電導度介於 0.16–0.23 mS cm^{-1} 間，15–30 cm 土層土壤則介於 0.14–0.15 mS cm^{-1} 間。土壤有機質含量方面，表土 0–15 cm 以 A 區的 3.9%及 B 區的 4.0%顯著高於 C、D 兩區的 3.3%，但 15–30 cm 土層之土壤有機質含量各分區間則無顯著性差異，有機質含量為 3.2%。種植前經過耕耘機 3 次翻土整地後，地力上的差異預期會縮小。依據 Lin (1967) 以 Parker *et al.* (1951) 的肥力研究指數法評估國內農田之土壤有機質肥力等級，本試驗田之表、底土有機質均 > 3%，已屬高等級 (> 3%)，因此小區間有機質含量差異應不是造成大豆生長明顯差異的主要原因。一般而言，作物營養生長感受到開花條件時，生理反應會停止自身的營養生長而轉變進入生殖生長時期。生長調查依分區如表 3 及圖 3 所示，95 年 9 月 19 日播種後，A 區生長至 11 月 6 日後株高不再增加，平均株高約 32 cm；開花期與採收期分別是 10 月 24 日與 12 月 29 日。B、C 及 D 區雖與 A 區同時期播種，但開花期與採收適期卻明顯有延後的現象，B 區約晚一星期自 11 月 13 日株高不再增加，平均株高約 30 cm，11 月 1 日開花，96 年 1 月 15 日採收；C 區更晚至 11 月 20 日株高不再增加，平均株高約 40 cm，11 月 9 日開花，96 年 1 月 24 日採收；D 區因為最靠近光源，因此受路旁燈光影響最大，營養生長延至 11 月 27 日株高才停止增加，平均株高約 50 cm，11 月 23 日開花，96 年 2 月 13 日採收，較 A 區晚約一個半月，生長日數由不受光照影響之 102 天延長至 148 天。以光輻射計現地實際測量路旁燈光，燈光正下方輻射量為 0.369 W m^{-2}，路燈與田區垂直距離約 9.7 m。田區內輻射量 A 區為 0.003–0.006 W m^{-2}、B 區為 0.004–0.008 W m^{-2}、C 區為 0.007–0.016 W m^{-2} 及 D 區為 0.014–0.027 W m^{-2}。試驗田區內受路旁燈光影響輻射量最高為 0.027 W m^{-2}，隨著距

燈光距離增加，輻射量遞減，至暗處輻射量僅剩 0.003 W m^{-2} (圖 2)。依照測得之輻射量與大豆生育日數進行簡單相關分析，其結果顯示相關性達到 0.87，且達到統計上之極顯著相關。

表 2. 試驗小區土壤特性

Table 2. Soil properties of the plots (A–D) in the experimental field

Plot	Soil depth (cm)	pH	EC (mS cm^{-1})	Organic matter (%)
A	0–15	6.9 ± 0.1 a [z]	0.19 ± 0.05 a	3.9 ± 0.2 a
B	0–15	6.9 ± 0.1 a	0.23 ± 0.06 a	4.0 ± 0.4 a
C	0–15	7.0 ± 0.1 a	0.16 ± 0.03 a	3.3 ± 0.5 b
D	0–15	7.0 ± 0.1 a	0.18 ± 0.05 a	3.3 ± 0.5 b
A	15–30	7.0 ± 0.1 a	0.15 ± 0.02 a	3.2 ± 0.3 a
B	15–30	7.1 ± 0.1 a	0.15 ± 0.03 a	3.2 ± 0.4 a
C	15–30	7.0 ± 0.2 a	0.14 ± 0.01 a	3.2 ± 0.2 a
D	15–30	7.0 ± 0.2 a	0.15 ± 0.02 a	3.2 ± 0.2 a

[z] Means within each column followed by same letter are not significantly different ($p > 0.05$) according to Duncan's multiple range test.

表 3. 試驗小區花期、採收期及產量比較

Table 3. Flowering date, harvest date and yield of soybean in the plots (A–D) of the experimental field

Plot	Flowering date	Harvest date	Yield (kg ha^{-1})
A	10/24	12/29	769 ± 234 c [z]
B	11/01	01/15	906 ± 341 bc
C	11/09	01/24	1262 ± 222 a
D	11/23	02/13	1088 ± 405 ab

[z] Means in the column followed by same letter are not significantly different ($p > 0.05$) according to Duncan's multiple range test.

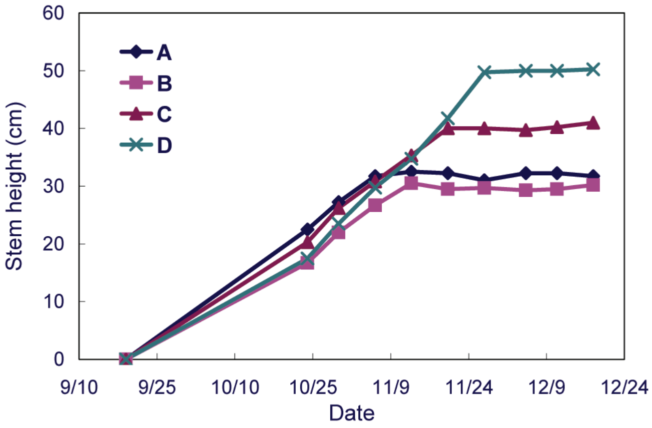


圖 3. 夜間照光對大豆株高之影響。

Fig. 3. Effects of night illumination on stem height of soybean.

另依採收分區所受路燈輻射量與大豆生育日數相關性如圖 4，大豆生育日期與路燈輻射量呈現正相關，迴歸式之 $R^2 = 0.75$，亦達統計之極顯著相關 ($p < 0.001$)。呈現極顯著正相關，顯示路旁燈光輻射量為造成大豆生長期明顯差異的主要原因。路旁燈光輻射量造成光週期改變，影響大豆 Leichardt 之開花與結莢延後，在秋作溫度逐漸下降之情況下，導致豆莢充實期延長，成熟期延後。依據本試驗所得之迴歸式估算，每增加 0.01 W m^{-2} 輻射量，將使生長日數延長 23 天。

試驗之能源大豆 Leichardt 品種實際產量如表 3 所示，各區平均產量分別為 A 區 769 kg ha^{-1}、B 區 906 kg ha^{-1}、C 區最高達 1262 kg ha^{-1}，而 D 區略為下降為 1088 kg ha^{-1}。根據 A 區未受光照影響之產量結果，顯示試驗中因為以不做畦撒播栽培，使播種密度及發芽率較不整齊，又無水源可灌溉，以致從網格產量調查顯示，空間變異較大，在合理之肥培管理及病蟲害控制下，每公頃產量約僅收 770 kg 左右。依據在 Huang *et al.* (2006) 春作大豆品種試種比較結果，顯示 Leichardt 品種屬於高感光品種，春作栽培容易受到感光問題，幾乎全數都因豆莢充實不良，而無法收穫。台南場在機械做畦條播的栽培模式下，平均產量亦僅有 871 kg ha^{-1} (Huang *et al.* 2006)。根據彰化地區與本試驗同時期撒播種植之大豆產量約在 830–1300 kg ha^{-1} (Chen *et. al.* 2008)，本試驗未受照光影響區之產量偏低，可能與完全沒有灌溉有關。根據台南地區農民之栽種調查，Leichardt 秋作產量亦有超過 2000 kg ha^{-1}。從分區輻射量量測數據顯示，B 區之輻射量範圍 (0.004–0.0080 W m^{-2}) 僅稍高於 A 區 (0.003–0.006 W m^{-2}) 者，但比較兩區之生育調查結果，B 區之生長已明顯受到輻射量之影響。顯示 Leichardt 品種之高感光性。但由於空間變異大，依據統計分析結果顯示，兩區之產量並未達到顯著性差異。本試驗中 C 區與 D 區因距光源較近，約距光源 10–20 m 範圍內，大豆生育期間明顯受到路燈光照的影響，使作物延長了營養生長期 (圖 5)，植株在生長勢較佳情況下才開花結莢，產量均高於未受光照影響之 A 區，且達統計之顯著差異。D

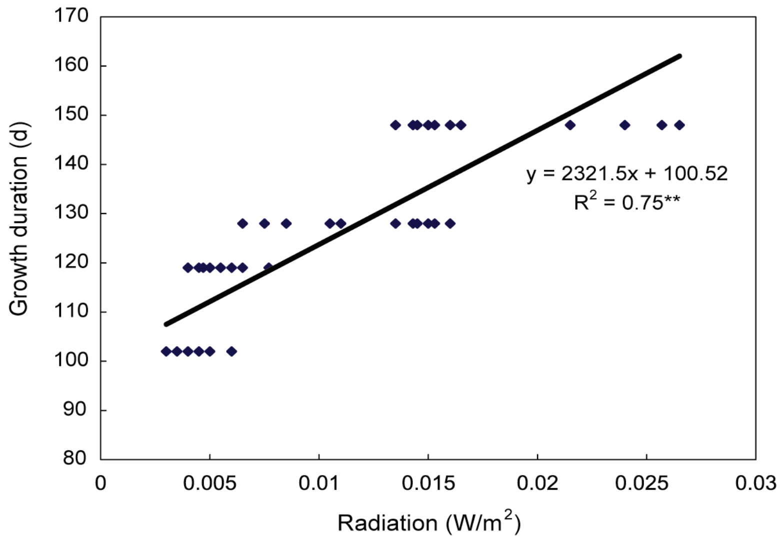


圖 4. 大豆生長日數與光輻射量之相關。

Fig. 4. Correlation between radiation and growth duration of soybean.

圖 5. 大豆營養生長期受路邊照明而延長。

Fig. 5. A soybean field showing prolonged vegetative growth of plants grown near the roadside (top) due to influence of night illumination.

區雖在開花期再延後一週之情形下，因遇低溫，籽實充實緩慢，反而會使產量略為下降，但與 C 區之產量未達統計之顯著差異。另一方面，本試驗亦發現 D 區大豆在營養生長過於旺盛下，植株較高，平均約 50 cm，遇強風時部分植株發生傾倒情形，可能影響後續的生長與結莢。但本試驗未作進一步調查。試驗中發現大豆在夜間受到田邊燈光的影響，使營養生長旺盛，延後開花期及採收期等現象，雖然產量略為增加，但因田區大豆生長不一致，將造成管理與採收的不便。彰化地區人口稠密，社區與農地交雜，應注意夜間燈光照明對其生長期的影響，以調節作物耕作環境、管理方式及栽培季節。而由本次九月中旬播種之秋作試驗結果顯示，雖受路旁照明影響而導致大豆採收延後一個半月，但還不致影響一期作水稻或春作旱作之栽培。

引用文獻 (Literature cited)

Bertrand, A., G. F. Tremblay, S. Pelletier, Y. Castonguay, and G. Bélanger. 2008. Yield and nutritive value of timothy as affected by temperature, photoperiod and time of harvest. Grass Forage Sci. 63:421–432.

Chen, C. L., C. L. Chu, N. W. Yu, W. J. Yeh, Y. H. Su, and W. T. Huang. 2008. Assessment on the cultivation of soybean as energy crop on cadmium-contaminated farmland in Taiwan. p. 582–584. *in* the Proceedings of 14th International Conference on Heavy Metals in the Environment. Dep. Agric. Chem., Natl. Taiwan Univ. Taipei.

Chen, Y. M., H. C. Wu, T. B. Huang, C. P. Liu, and T. M. Shen. 2005. Effects of all night lighting on the growth of rice (*Oryza sativa*), water caltrops (*Trapa natans*) and indian jujube (*Zizyphus mauritana*). Crop Environ. Bioinform. 2:182–192. (in Chinese with English abstract)

Cober, E. R., J. W. Tanner, and H. D. Voldeng. 1996. Soybean photoperiod-sensitivity loci respond differentially to light quality. Crop Sci. 36:606–610.

Fleming, J. E., R. H. Ellis, P. John, R. J. Summerfield, and E. H. Roberts. 1997. Developmental implications of photoperiod sensitivity in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. Intl. J. Plant Sci. 158:142–151.

Huang, S. N., T. J. Lien, and C. H. Wu. 2006. The production and improvement of energy crop-soybean in Taiwan. p.19–42. *in* the Proceedings of Symposium on Study and Application of Biofuel and Energy Crop. Biomass Energy Society of China (BESC). Taipei. (in Chinese)

Lin, C. F. 1967. A Report on the Soil Tests for the Cropland of Taiwan. Bull. Taiwan Agric. Res. Inst. No. 28. Taipei. 23 pp. (in Chinese)

McLean, E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. p.199–209. *in*: Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties (Page, A. L., R. H. Miller, and D. R. Keeney, eds) 2nd ed. American Society of Agronomy (ASA). Madison, WI, USA.

Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. p.565–573. *in*: Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties (Page, A. L., R. H. Miller, and D. R. Keeney, eds) 2nd ed. American Society of Agronomy (ASA). Madison, WI, USA.

Parker, F. W., W. L. Nelson, E. Winters, and I. E. Niles. 1951. The broad interpretation and application of soil test information. Agron. J. 43:105–112.

Rhoades, J. D. 1982. Soluble salts. p.167–173. *in*: Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties (Page, A. L., R. H. Miller, and D. R. Keeney, eds) 2nd ed. American Society of Agronomy (ASA). Madison, WI, USA.

Wang, Y. T. and F. Li. 1997. A basic character of responsiveness to day length of wild soybean (*Glycine soja*). Soybean Genet. Newslet. 24:32–34.

Wilkerson, G. G., J. W. Jones, K. J. Boote, and G. S. Buol. 1989. Photoperiodically sensitive interval in time to flower of soybean. Crop Sci. 29:721–726.

Yang, C. M. and M. J. Fan. 1996. Soybean yields response to planting dates and climatic factors. Chinese J. Agromet. 3:9–16. (in Chinese with English abstract)

Yang, C. M., Y. J. Lee, and M. R. Su. 1996. Effects of agroclimatic factors on soybean production. p.314–330. *in* the Proceedings of the Symposium on Effects of Agroclimate, Air Pollution and Acid Rain on Agricultural Production and the Strategy. Agric. Res. Inst. Pub. Taichung. (in Chinese with English abstract)

Effect of Night Illumination on Growth and Yield of Soybean [1]

Chi-Ling Chen[2,4], Yun-Ham Su[2], Chia-Jen Liu[3], and Yahn-Chir Lee[2]

Abstract

Chen, C. L., Y. H. Su, C. J. Liu, and Y. C. Lee. 2009. Effect of night illumination on growth and yield of soybean. J. Taiwan Agric. Res. 58:146–154.

To evaluate the potential of soybean as a crop for bio-fuel in Taiwan, field experiments were conducted in 2006 across the island, using an Australian variety 'Leichardt'. This study was one of the field experiments at Hemei Township, Changhua County. Soybean was seeded by hand-spreading in the fall of 2006 and harvested in 2007. Results showed that seeding of soybean by hand-spreading affected uniformity of seed germination and caused high variations in yield in this field. Seed yield of soybean reached 770 kg ha^{-1} under good pest management and disease control. The study also showed that night illumination is an important factor affecting growth and yield of soybean. Plants growing near the roadside (within 10–20 m) were exposed to the night light, resulting in prolonged vegetative growth and delayed blossom period for about 1 to 4 weeks. Therefore, such plants suffered from poor pod filling due to low temperature stress at reproduction stage and delayed the harvest period for about 6 weeks. Nevertheless, seed yield of soybean plants exposed to the night illumination reached 1000 kg ha^{-1}, which was slightly higher than soybean plants without exposuring to the night illumination.

Key words: Night illumination, Soybean, *Glycine max,* Growth, Yield.

---

1. Contribution No.2349 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: March 9, 2009.
2. Respectively, Associate Researcher, Assistant, and Assistant Researcher, Agriculture Chemistry Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan.
3. Assistant Researcher, Farm Management Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan.
4. Corresponding author, e-mail: chiling@tari.gov.tw; Fax: (04)23302805.

「台灣農業研究」稿約

一、 本刊為行政院農業委員會農業試驗所發行之學術性季刊，刊登農業試驗研究相關之研究稿件：

論　　說：由本所邀請專家撰寫。

研究報告：關於農業科學未曾發表之研究報告，按題目、作者、摘要、前言、材料與方法、結果、討論、結論 (一般略去)、誌謝 (可略去)、引用文獻等依序撰寫，圖與表附於其後，全文以不超過 10 印刷頁為原則。

研究簡報：關於農業科學未曾發表之簡短原始研究報告，不須分章節撰寫，但須附中英文摘要，全文以不超過 4 印刷頁為原則。

二、稿件應以中文或英文撰寫。來稿請送原稿及電子檔案各一份 (內各附照片原圖，繪製圖版可附原圖與影印圖片二份)。文稿以 A4 大小之白色紙張 (長 29.6 公分，寬 21 公分) 兩倍行高 (double space) 打字，12 號字體，左邊對齊，版面應上下預留 3 公分，左右 2 公分之空間，並自第二頁起在右下角以阿拉伯數字註明頁數。撰寫時，中文以細明體、英文以 Times New Roman 字體打字；英文字距一格，句距二格。審查接受之稿件，隨文請附紙本文稿一份與電子檔案，以利送審及電腦排版等作業。

三、稿件格式：

題　　目：宜簡短，能充分反應文旨，並附簡題 (Running title) (中文 12 字；英文 6 字以內為原則)。英文題目除介系詞、連接詞等字外，每字第一字母應大寫。題目附小註，說明研究報告編號。

作　　者：作者姓名置中，中文名字間空一格；英文姓名則名在前姓氏在後，作者二人或二人以上時，以 “，” 相隔，最後一人前加 “and” 字樣，其表示方法如 Chen-Seng Huang, Chen-Chang Chen, and Chyr-Guan Chen。每一作者須附小註，以說明所屬機關單位，通訊作者須附電子郵件信箱與傳真機號碼。題目與作者同置第一頁。

摘　　要：不分段落、宜簡潔明確。摘要之前應加作者、年代、題目、期刊、及卷期，摘要之後應附關鍵詞 (Key words)，關鍵詞不超過 5 個，每個英文關鍵詞第一字母應大寫。摘要以不超過 500 字為原則。以中 (英) 文發表者須附英 (中) 文摘要，置於本文之後，且內容須與中 (英) 文摘要相符，並附稿件編號、作者、通訊作者之小註。

本　　文：依序為前言 (INTRODUCTION)、材料與方法 (MATERIALS AND METHODS)、結果 (RESULTS)、討論 (DISCUSSION)、結論 (CONCLUSION)、誌謝 (ACKNOWLEDGEMENTS)、引用文獻 (LITERATURE CITED)。除學名、專有名詞、化學式、數學公式、數字、度量衡單位及縮寫外，文句中不得中外文並用，需使用英 (外) 文以助明瞭時，須將英 (外) 文括號置於中文之後。材料與方法、結果兩部份如有必要須分章節，每一章節內並可再分小章節，以助明瞭文稿內容。章節題目 (heading) 單行置於該章節之前，小章節題目 (subheading) 直接置於小章節之首。

表　　格：

1、每一表格應分別繕製，須以 WORD®中 “表格” 工具製作，上方須有標題，並按文中出現順序加上表 **1. (Table 1.)**，表 **2. (Table 2.)** 等冠號。

2、中文稿之表格標題應中英文並列，冠號與表幅齊頭，表內項目及內容以英文書寫。英文標題及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，餘均小寫。

3、表格應加分析、簡化與歸納後始可列表。每一表格應在文中標示清楚，以便對照。

4、表中內容如需說明，均須附加小註，以 z, y, x,…等縮小小寫字母置於右上角，並於表下依次敘述。表格僅列橫線。

5、性質類同之圖與表，務請精簡與合併。

圖　　片：

1、手繪圖版以黑色墨水分別繪圖紙或描繪紙（白色透明紙）上。如以電腦繪圖，請以鐳射印表機或同規格之印表機列印，力求清晰。

2、圖中所有標示應以英文書寫（Arial 字型）或註明於標題之後。

3、照片以光面紙為原則，清晰度以縮小 50%可判讀為宜。多幅照片儘量製成併版；如有特別指明，應加圈或箭頭表明。顯微照相，應加比例尺大小；照片大小以不超過版面（25 cm × 18 cm）為宜。

4、圖版及照片下方應有標題，並按文中出現的順序加上圖 **1. (Fig. 1.)**、圖 **2. (Fig. 2.)** 等冠號，在文中須標示清楚，以便對照。中文稿標題應中英文併列，力求明確。

5、除併圖外，每一圖片應單頁製作。

6、照片、圖片背面應註上冠號及作者姓名，以免排印錯誤。

誌　　謝：不分段落，包括人物、經費來源等。誌謝可略去。

引用文獻：

1、列舉確實曾引用之文獻。文獻以登載於學術性期刊、書籍、研討會之文章及學位論文為限。文中涉及引用文獻時，根據該文獻的作者與年代加以括號：如（Sung 1991）、(Lo 1991, 1992)、(Chen & Ho 1983)、(Sung 1991; Hsu *et al.* 1992)，以年代先後為序置於引用文處。

2、文獻須以英文撰寫，以姓名字母為序。作者相同時以年代先後為序。

3、文獻之書寫方法以期刊為例，依序為作者、年代、題目、期刊、卷期、頁數。

4、期刊名須依該期刊公告之縮寫撰寫；如無者，請參照 Biosciences Information Service (1992) 出版之 "Serial Sources for the BIOSIS Previews Database"或依該學術領域之慣例撰寫。

5、文獻書寫範例如下：

(1) 原中文報告引用文獻出自學術性期刊

Hsu, S. H., T. Y. Chung, T. C. Kuo, and S. F. Wang. 1992. Studies on the micro-climate of greenhouse. I. Light environment of greenhouse. J. Agric. China 157:34–43. (in Chinese with English abstract)

(2) 原中文報告引用文獻出自著作性書籍

Sung, J. M. 1991. Nitrogen metabolism of rice. Chinese Agronomy Press. Taipei. 100 pp. (in Chinese)

(3) 原中文報告引用文獻出自編輯性書籍

Yang, C. M. and C. Y. Lin. 2003. Studies on rice precision farming system. p.1–12. *in*: Rice Precision Farming System. (Yang, C. M. and C. Y. Lin, eds.) Agric. Res. Inst. Pub. No. 105. Taichung. 252 pp. (in Chinese with English abstract)

(4) 原中文報告引用文獻出自研討會專刊

Chang C. A. 2001. Application and extension of virus-free seedling for the control of virus diseases of passionfruit in Taiwan. p.31–38. *in* the Proceeding of Symposium on Application of Healthy Plant for Control of Plant Diseases. Taiwan Phytopathol. Soc. Pub. Taichung. (in Chinese with English abstract)

四、單位、縮寫格式、括號及統計分析

1、凡文中出現之數值，除非另有特別之意義，一律用阿拉伯數字書寫。單位如以英文表示，則用國際公認標準符號（SI units）代替全文，各常用之縮寫單位參照說明如下：

(1)長度：公里（km）、公尺（m）、公分（=厘米）(cm)、公釐（=毫米）(mm)、微米（μm）。

(2)重量 (W)：公斤 (kg)、公克 (g)、毫克 (mg)、μg。

(3)容積 (V)：公升 (L)、公撮 (=毫升) (mL)、μL。

(4)面積：公頃 (ha)、平方公尺 (m^2)、平方公分 (cm^2)。

(5)溫度：攝氏 (℃)、絕對溫度 (K，但須加以說明)。

(6)時間：日 (天) (d)、時 (h)、分 (min)、秒 (s)。

(7)濃度：莫耳 (M)、千分之一莫耳 (mM)、當量 (N)、千分之一當量 (mN)。

(8)重力加速度：*g*。

2、其他之縮寫：平均 (*av*)、大約 (*ca*)、直徑 (diam.)。

3、括號：括號字型全以半形 ( )，括號前後各空一格。

4、統計分析：達顯著性水準以*、**或處理間顯著差異區分，以 a、b、c、...表示者均應加註顯著機率值 *P* (例如 $P < 0.01$)；各統計量請採慣用符號，例如相關係數 (*r*) 、決定係數 (R^2)、變異係數 (cv)、標準差 (sd)、平均值標準差 (se) 等。

5、其他問題：

(1)單位與其前面數值之間應空一格，如 220 g。

(2)數學運算符號與其前後數值之間應各空一格，如 P = 0.014、23.6 ± 3.0、15 × 2。

(3)在±、×或 to 的前後兩數值若是含有單位，請用 23.6% ± 3.0%、15 cm × 2 cm、20℃ to 30℃ (即勿省略前面數值之單位)。

(4)數值起迄符號用– (全型破折號)，勿用~或-，且與前後兩數值之間無須留空格，如 3–6、2005–2007 年、7 月 20–25 日。

(5)年代一律用西元。

五、其他注意事項

1. 生物學名以斜體字表示，屬名第一字母大寫。學名於摘要、本文、每一圖表中第一次出現時，須寫全名，如 *Citrus sinensis*；第二次出現時，屬名保留第一字母後加句點 “.”，種名全寫，如 *C. sinensis*。生物學名於本文中首次出現時應加註命名者。

2. 中文稿件中，外文名詞應儘量翻譯成中文，若是不常見名詞應於文中第一次出現時以括號標出原文。摘要及本文中，英文縮寫於第一次出現時，須附全名。

六、投稿方式

1. 稿件內容務須依照上列規定格式書寫，本期刊編輯委員保有修改與退稿之權利。文稿經本期刊接受後，作者得送含文稿內容之磁片或電子檔案 (IBM 相容電腦之文書管理檔，如 Word 檔或其他) ，並由作者負責前二校。除筆誤與錯字外，作者在校稿時，不得擅自更改內容與數據。

2.審稿程序請上網參閱本期刊「論文審查制度流程」，網址：http://www.tari.gov.tw/。

七、文稿必須是作者本身的著作，且作者為唯一的著作權擁有者，否則因此引發之法律責任將由作者負責。投稿應為未經刊登之文章，亦不得一稿多投。投稿需經所有作者同意。稿件經本期刊接受後，投稿人需繳交「著作權讓與書」，如未提供者，本期刊不予刊登。著作財產權屬農試所所有，非經本所書面同意，不得轉載或移轉他處發表。本期刊有權對文稿進行必要之詞句修改。

八、來稿經編審委員會審查合格後刊登，由本刊印贈抽印本 50 本；彩色頁印刷及抽印本加印費用由投稿人自行負擔。

九、其他未盡事宜本期刊得隨時修正或補充。

台 灣 農 業 研 究

（原中華農業研究）

第五十八卷　第二期

中華民國九十八年六月出版

發　行　人：劉 大 江
總　編　輯：呂 秀 英
主　　　編：吳 宜 晏　陳 盈 佑
編 審 委 員：
　生 技 組：吳 明 哲（主審）
　作 物 組：歐 錫 坤（主審）
　　　　　　黃 肇 家　楊 純 明　施 昭 彰
　農 化 組：郭 鴻 裕（主審）
　　　　　　簡 宣 裕　劉 滄 棽
　植 病 組：安 寶 貞（主審）
　　　　　　鄧 汀 欽
　應 動 組：王 清 玲（主審）
　　　　　　陳 健 忠
　農 工 組：蔡 致 榮（主審）
　　　　　　黃 禮 棟
　種 原 組：黃 勝 忠（主審）
　農 經 組：張 采 蘋（主審）
　花卉中心：謝 廷 芳（主審）
　嘉義分所：蔡 武 雄（主審）
　　　　　　徐 信 次 楊 宏 仁
　鳳山分所：陳 甘 澍（主審）
　　　　　　溫 宏 治

另聘請各大學院校及研究機關相關學者專家擔任審查委員

Vol. 58, No. 2 June, 2009

JOURNAL
OF
TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH
(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

PUBLISHER: Liu, Dah-Jiang

EDITOR IN CHIEF: Lu, Hsiu-Ying

EDITORS:

Wu, Yi-Yan Chen, Ying-You

EDITORIAL BOARD:

Ann, Pao-Jen (Plant Pathology)
Chen, Kan-Shu (Tropical Horticulture)
Hsieh, Ting-Feng (Floriculture)
Ou, Shyi-Kuan (Crop Science)
Tsai, Wu-Hsiung (Subtropical Agriculture)
Wu, Min-Tze (Biotechnology)
Chang, Tsai-Ping (Agriculture Economics)
Guo, Horng-Yuh (Agriculture Chemistry)
Huang, Sheng-Chung (Crop Genetic Resources)
Tsai, Jyh-Rong (Agriculture Engineering)
Wang, Chin-Ling (Applied Zoology)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Chen, Chien-Chung
Chien, Shiuah-Yuh
Deng, Ting-Chin
Hsu, Hsin-Tszu
Huang, Chao-Chia
Huang, Li-Duhng
Liu, Tsang-Sen
Shih, Jau-Chang
Tsai, Wu-Hsiung
Wen, Hung-Chich
Yang, Chwen-Ming
Yang, Hong-Ren

Reviewers of the related fields are also invited from universities and other research organizations.

台灣農業研究第五十八卷第二期

出 版 者：行政院農業委員會農業試驗所

發 行 人：劉大江

總 編 輯：呂秀英

地　　址：41362台中縣霧峰鄉萬豐村中正路189號

網　　址：http://www.tari.gov.tw

電　　話：(04)23302301

出版日期：中華民國九十八年六月三十日

定　　價：新臺幣一七五元

展 售 處：五南文化廣場　400台中市中山路6號　(04)22260330

國家書店松江門市　104台北市松江路209號1樓　(02)25180207

國家網路書店　http://www.govbooks.com.tw

承 印 者：學安文化事業有限公司

電　　話：(04)22861600

ISSN 0022-4847

GPN 2009500560

June, 2009

Journal of Taiwan Agricultural Research

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Vol. 58, No. 2

Research Reports

Control of Mealy Breakdown Caused by Cold Injury in 'SpringHoney' Peach
Shyi-Kuan Ou, Ming-Hui Liu, Jau-Yeuh Wang, Chia-Wei Song, and Ming-Te Lu 73

Evaluation of Borax Bait for Control of Red Imported Fire Ant, *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae)
Yi-Chung Chiu and Chin-Ling Wang 84

Leucine-rich Repeat (LRR) Distribution and Amino Acid Composition in Protein Sequences of Genes with Resistance to Bacterial Blight (*Xanthomonas oryzae*) of Rice
Yi-Chen Lin, Chun-Tang Lu, Meng-Li Wei, and Hsiu-Ying Lu 93

Effects of Yeast Strains and Distillation on Nutritional Composition of Rice Dregs
Shwu-Jene Tsai and and Tsung-Yen Wu 106

Seasonal Changes of Growth and Leaf Perillaldehyde in *Perilla frutescens* (L.) Britton
Yuh-Jyuan Lee and Chwen-Ming Yang 114

Diallel Analysis on the Yield and Agronomic Characters of Purple-Glutinous Maize (*Zea mays* L.)
Guang-Jauh Shieh 125

Acaricidal Efficacy of Three Vegetable Oils on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)
Jih-Zu Yu and Bing-Huei Chen 136

Research Notes

Effect of Night Illumination on Growth and Yield of Soybean
Chi-Ling Chen, Yun-Ham Su, Chia-Jen Liu, and Yahn-Chir Lee 146

Published by Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture Taichung, Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字第二九八號　中華郵政中臺字第〇三〇九登記為雜誌交寄

ISSN 0022-4847

9 770022 484003

GPN 2009500560

定價：新台幣一七五元